

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN
UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR Y ESTUDIO
COMPARATIVO CON UNA VIVIENDA BÁSICA**

**(Improvement of energy efficiency in a
single-family home and comparative study with
a basic home)**

Para acceder al Título de

**GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

**Autor: Sandra Manteca Estébanez
Septiembre – 2021**

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	3
1 INTRODUCCIÓN	5
2 OBJETIVOS.....	7
3 ESTADO DEL ARTE	9
3.1 CAMBIO CLIMÁTICO	9
3.2 CUMBRES POR EL MEDIO AMBIENTE.....	14
3.3 MARCO LEGAL	15
3.3.1 Normativa del sector eléctrico.....	15
3.3.2 Normativa del sector eléctrico renovable	17
3.3.3 Normativa del sector eléctrico renovable	19
3.4 CERTIFICADO ENERGÉTICO.....	21
3.5 DEMANDA Y COSTE DE ENERGÍA.....	24
3.6 ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA.....	29
3.6.1 Sistemas solares pasivos.....	31
3.6.2 Sistemas solares activos	36
3.7 BIOMASA	37
4 DESCRIPCIÓN DE LAS VIVIENDAS.....	41
4.1 PARCELA.....	41
4.2 VIVIENDA BÁSICA	42
4.2.1 Orientación.....	43
4.2.2 Distribución	44
4.2.3 Instalaciones	45
4.3 VIVIENDA MEJORADA	47

4.3.1	Orientación.....	48
4.3.2	Distribución	49
4.3.3	Instalaciones	52
5	CÁLCULOS.....	63
5.1	VIVIENDA BÁSICA	63
5.1.1	Demanda de Gasóleo-C.....	64
5.1.2	Demanda de electricidad	67
5.1.3	Acometida eléctrica	70
5.1.4	Costes	77
5.2	VIVIENDA MEJORADA	79
5.2.1	Instalación fotovoltaica	79
5.2.2	Instalación de biomasa	89
5.2.3	Costes	95
6	ANÁLISIS DE RESULTADOS	99
6.1	ANÁLISIS ECONÓMICO	99
6.2	ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL	107
7	CONCLUSIONES	111
8	BIBLIOGRAFÍA	113
	ANEXO I. Planos.....	119
	ANEXO II. Consumo de Gasóleo - C de la vivienda de referencia.....	138
	ANEXO III. Demanda eléctrica diaria	139
	ANEXO IV. Consumo eléctrico de la vivienda de referencia.....	147
	ANEXO V. Irradiación global con el ángulo óptimo 2005-2016	150
	ANEXO VI. Análisis económico.....	151
	ANEXO VII. Certificados de eficiencia energética.....	163

RESUMEN

Dada la coyuntura medioambiental y económica actual, se presenta relevante realizar un estudio riguroso de la ubicación de una vivienda para decidir las actuaciones de eficiencia energética con mayor rentabilidad económica para el usuario y más beneficiosas para el medio ambiente.

La arquitectura bioclimática y la autogeneración energética suponen soluciones adecuadas dada su posible adaptación a las características de una ubicación concreta.

En el estudio realizado se comprueban las ventajas asociadas a la realización de un estudio previo de actuación de eficiencia energética y su posterior ejecución en el proyecto constructivo de la edificación.

Para ello se desarrolla una comparativa entre la posible realización o descarte de la metodología de actuación propuesta.

ABSTRACT

Due to the current environmental and economic situation, it seems relevant to carry out a rigorous study of a house's location to decide the energy efficiency actions with greater economic profitability for the user and more favourable for the environment.

Bioclimatic architecture and energy self-generation represent suitable solutions due to their possible adaptation to the characteristics of a specific location.

In the current study, the advantages associated with the development of a previous study of energy efficiency performance and its execution in the construction Project, are verified.

For all of this, a comparison is established between the possible realization or not of the proposed action methodology.

1 INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los problemas más importantes de la humanidad actualmente. Si se continúa aumentando la concentración de gases perjudiciales en la atmósfera, el clima y la temperatura global se verán irremediablemente alterados en las próximas décadas. Esto supone un problema muy complejo, ya que es necesaria la concienciación de la población, los gobiernos y las empresas para conseguir reducir de forma significativa las emisiones nocivas y así mitigar el impacto que tendrá este fenómeno, que ya es más una realidad que un posible escenario futuro.

Gran parte de estos gases nocivos para la atmósfera provienen de la quema de combustibles fósiles. Además, estos provienen de reservas finitas, que se agotarán con el tiempo. Es por esto, que se hace necesario cambiar el modelo tradicional de producción mediante combustibles fósiles a uno de producción mediante energías limpias y renovables.

Por otro lado, el coste de la energía ha experimentado en los últimos años un incremento debido, junto a otros factores, al aumento en los precios de los derechos de emisión de CO₂ y de los combustibles fósiles. Esta tendencia creciente en los precios genera en los usuarios la necesidad de alternativas más económicas.

Por tanto, se considera relevante el plantear un diseño constructivo con un reducido consumo energético de la edificación que sea cubierto por sistemas de generación propios basados en los recursos del entorno que reduzcan los efectos comentados con anterioridad.

Para lo cual, se presenta importante la realización de un estudio previo en profundidad. En él se deberá atender a la ubicación de la vivienda, considerando la climatología, la orientación, los recursos naturales disponibles. Todo ello permitirá determinar que actuación de eficiencia energética puede conllevar mayores beneficios económicos y medioambientales.

La realización de un análisis técnico-económico de las actuaciones adoptadas: su amortización y rentabilidad; así como el estudio de la reducción de emisiones de CO₂ pueden animar a la implantación de este tipo de mejoras para una edificación determinada.

2 OBJETIVOS

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado es realizar una comparativa técnica y económica de dos viviendas. Una primera vivienda que cumpla básicamente los requisitos energéticos mínimos marcados por el Código Técnico de la Edificación y otra segunda basada en la anterior, con una serie de mejoras constructivas y energéticas, realizadas desde el comienzo de su proyecto constructivo, que la permitan ser autosuficiente energéticamente.

Se parte de un riguroso estudio de las características de su ubicación, recursos naturales y características del terreno donde se asientan ambas viviendas, que permitan declinarse por las actuaciones más acertadas.

A partir de lo cual, se analiza la aplicación de técnicas constructivas bioclimáticas y la instalación de sistemas de autogeneración de energía mediante recurso renovable, consideradas más adecuadas.

El análisis económico de ambas edificaciones aportará un criterio selectivo para la decisión sobre la relevancia de la realización de las citadas actuaciones de eficiencia energética y los posibles beneficios encontrados tanto para el usuario como para el medio ambiente.

3 ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se hará una revisión bibliográfica sobre el cambio climático y las consecuencias que traerá en un futuro cercano, así como de las medidas que se están tomando actualmente al respecto y la legislación que rodea este tema.

También se trata la demanda y coste de la energía y las tendencias que muestran de cara al futuro, muy importante en la evaluación económica del proyecto.

Por último, se aborda la arquitectura bioclimática atendiendo a dos subsistemas solares, el activo y el pasivo, y la biomasa como fuente de energía renovable.

3.1 CAMBIO CLIMÁTICO

En primer lugar, se aclaran dos conceptos que, aunque estén relacionados, normalmente se usan de forma equivocada como sinónimos. El cambio climático y el calentamiento global. El cambio climático es una consecuencia del calentamiento global. Esto quiere decir que el aumento de la temperatura global debido a la actividad humana está provocando variaciones en el clima.

El efecto invernadero es un mecanismo natural relacionado con la radiación entrante y saliente en la atmosfera influenciada por la existencia de gases como el dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, vapor de agua.... Es el responsable del calentamiento de la atmósfera terrestre, provocando el calentamiento global. Es un mecanismo que ha existido desde que la Tierra tiene atmósfera y es de vital importancia para hacer que sea posible la vida en la tierra [1].

Del total de la luz solar que llega al planeta, sólo el 50% llega hasta la superficie terrestre, calentándola. Al calentarse la superficie de la Tierra, la luz solar se transforma en radiación de baja energía que se refleja

nuevamente hacia la atmósfera (véase Figura 1). Esa energía, puede ser absorbida de manera muy eficiente por algunos gases presentes en la atmósfera, especialmente el CO_2 , aunque también otros gases como el vapor de agua o el metano. Ésta es la principal fuente de calor para la atmósfera. Esto significa que la composición de la atmósfera afecta de forma significativa al clima. Lo que quiere decir que cuanto mayor es la concentración de gases de efecto invernadero que se encuentren en la atmósfera, mayor será la temperatura global, y por el contrario cuanto menor sea su concentración, la temperatura será más baja [1].

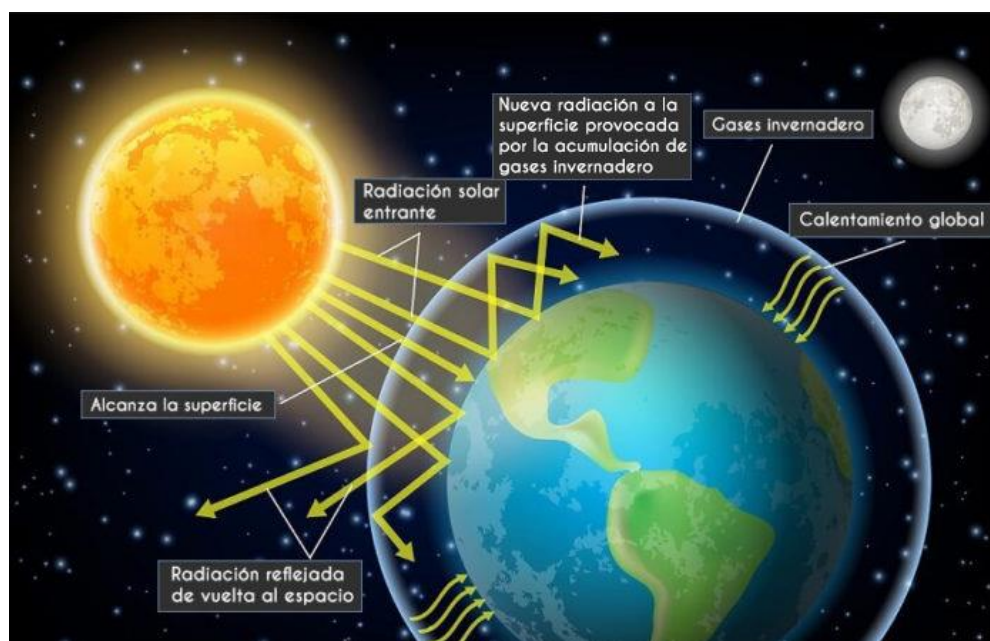


Figura 1. Efecto invernadero.

El calentamiento global está ligado a un incremento en el CO_2 emitido a la atmósfera, lo que indica que la causa del calentamiento es una intensificación del efecto invernadero. Esto es debido al gran incremento de la actividad humana que ha tenido lugar en las últimas décadas.

En los últimos años, se han estado emitiendo grandes cantidades de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Esto, junto con la deforestación y el

continuo y exponencial aumento de la demanda energética (véase Figura 2), ha causado un incremento significativo del efecto invernadero y, en consecuencia, un incremento de la temperatura media global (véase Figura 3). El aumento de la temperatura media global supone para los océanos un incremento de absorción de energía y esto provoca el deshielo de los polos, con su correspondiente consecuencia que es el incremento del nivel del mar.

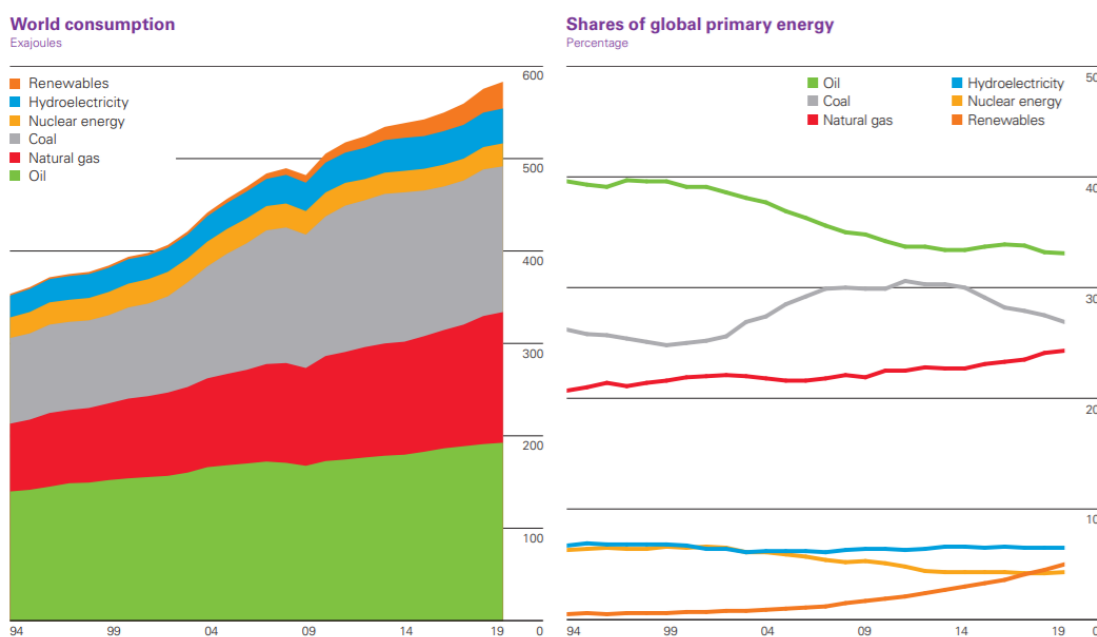


Figura 2. Demanda energética mundial (Exajulios) a lo largo de los años [2].

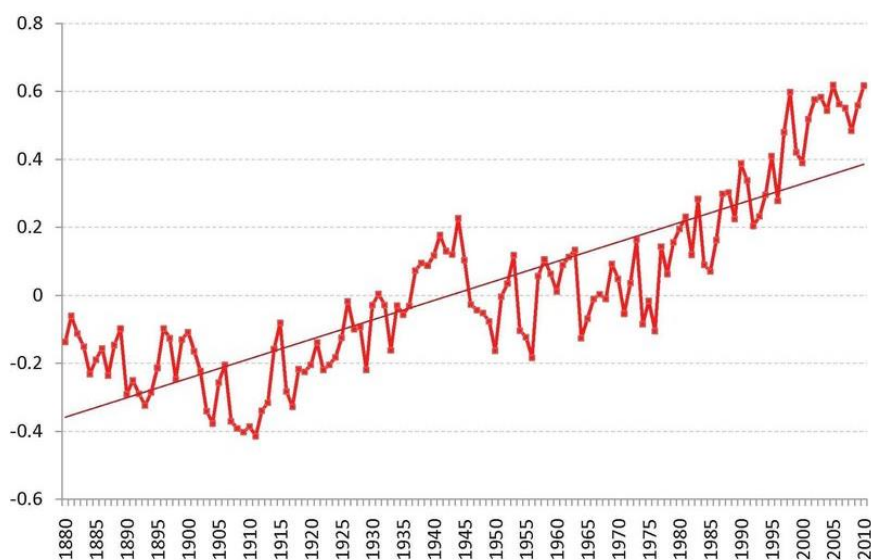


Figura 3. Incremento de la temperatura media global (°C) en las últimas décadas [3].

La principal fuente de emisión de gases de efecto invernadero es el subproducto de la quema de combustibles en plantas de energía, en el transporte o en los hogares (véase Figura 4). Además, tanto la agricultura como la descomposición de desechos en vertederos también son importantes fuentes de emisión.

En 2018, las industrias productoras de energía tuvieron la mayor participación (28,0%) de las emisiones totales de gases de efecto invernadero, seguidas de la quema de combustible por parte de los usuarios domésticos (25,5%) y el sector del transporte (24,6%) [4].

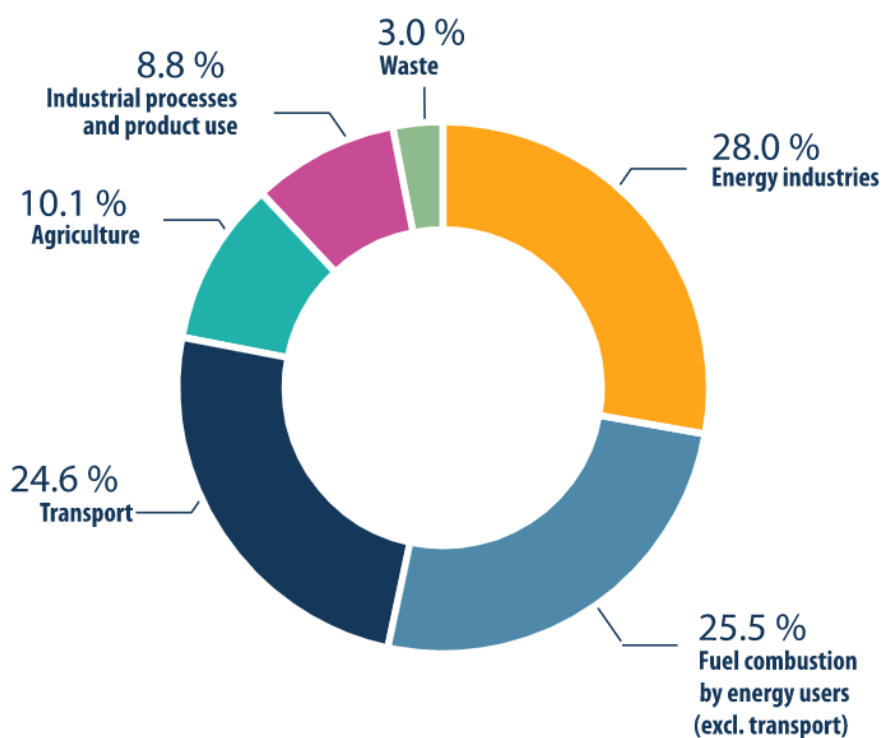


Figura 4. Cuota de emisión de la UE de gases de efecto invernadero por fuente, 2018 [4].

Según la Guía Resumida del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático), “cuanto más altere el clima el ser humano, mayor será el riesgo de sufrir consecuencias graves e irreversibles y más difícil será su mitigación” [5].

En los últimos años, la sociedad ha empezado a ser consciente de la gravedad e importancia de estos hechos, y la gente cada vez está más concienciada respecto al cambio climático.

Es por esto por lo que, tanto el calentamiento global como el cambio climático son, a día de hoy, unos de los principales impulsores del desarrollo e implantación de las energías renovables y del desarrollo sostenible.

El desarrollo sostenible consiste en buscar un equilibrio entre los factores económicos, sociales y ambientales que permitan un desarrollo en el que ninguno se vea especialmente perjudicado en beneficio del otro [6].

La gran demanda de recursos no renovables (como los combustibles fósiles) es uno de los mayores problemas actuales. Las principales líneas de actuación (Figura 5) que se plantean ante este problema son [6]:

- Fomentar el uso y generación de energía eléctrica mediante recursos renovables, disminuyendo el consumo de combustibles fósiles.
- Mejorar la eficiencia energética de los sistemas de generación, transporte y consumo energético.
- Disminuir la generación y fomentar la reutilización de residuos.
- Desarrollar un sistema eléctrico que abastezca al mayor número de personas posible con una energía sostenible.



Figura 5. Líneas de acción [6].

3.2 CUMBRES POR EL MEDIO AMBIENTE

Para asegurar que las líneas de acción que se han mencionado anteriormente con relación a un desarrollo más sostenible se lleven a cabo con el mayor éxito y a la mayor brevedad posible, se han llevado a cabo en los últimos años diferentes cumbres por el medio ambiente. Las más destacables son:

- La Cumbre de la Tierra (Río de Janeiro, 1992)
- El Protocolo de Kioto (1997)
- El Acuerdo de París sobre el Clima (2015)

El Protocolo de Kioto propone reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente CO₂. En este Protocolo se establecieron unos objetivos para 2020 de reducción de emisiones del 20%, 20% de eficiencia energética y 20% de uso de energías renovables respecto a 1990.

La Cumbre de París es la más importante, hasta el momento, de las que se han celebrado. Uno de los motivos de esta importancia es que los países más contaminantes del mundo, entre ellos EEUU y China, firmaron el acuerdo.

Además, este es el acuerdo más restrictivo, ya que las circunstancias actuales así lo requieren. Si no se disminuyen las emisiones de CO₂, a finales de siglo, para 2100, la temperatura global probablemente sufrirá un incremento entre los 3,7 °C y 4,8 °C, lo que causará la fusión de los casquetes polares. Esto hará subir el nivel del mar y también provocará cambios extremos en el clima.

El Acuerdo de París establece un marco global para evitar un cambio climático peligroso, manteniendo el calentamiento global muy por debajo de los 2 °C y prosiguiendo los esfuerzos para limitarlo a 1,5 °C [7]. También

aspira a reforzar la capacidad de los países para hacer frente a los efectos del cambio climático y a apoyarlos en sus esfuerzos en este campo.

En el Acuerdo también se establece un objetivo de cuota de energías renovables dentro del consumo total de energía; en 2030 se pretende alcanzar, como mínimo un 27%. [8].

Esto ha impulsado de forma notable el nivel de desarrollo tecnológico en el que se encuentran las energías renovables. También ha generado un auge en la aparición de nuevas centrales de generación eléctrica que emplean fuentes renovables. Algunas tecnologías se encuentran actualmente en pleno desarrollo y se utilizan cada vez más, aunque todavía hay otras menos desarrolladas que aún se encuentran en una fase inicial de experimentación.

Al ser, en la mayoría de los casos, tecnologías escasamente competitivas frente las más tradicionales que utilizan recursos no renovables, ha sido necesaria la impulsión de estas tecnologías mediante ayudas o subvenciones económicas para fomentar su desarrollo e investigación [6].

3.3 MARCO LEGAL

En este apartado se aborda el marco legal al que se deberá atener el proyecto. En primer lugar, se parte de la normativa del sector eléctrico para sentar las bases. A continuación, se desarrolla el marco legal referente al sector renovable y posteriormente el referente al autoconsumo.

3.3.1 Normativa del sector eléctrico

En 1988 se establece el Marco Legal Estable, mediante el cual se regula la tarificación del sistema eléctrico español. Con la entrada en vigor de este marco legal se pretenden recuperar las inversiones relacionadas con la denominada “Moratoria Nuclear” de las centrales nucleares, así como definir criterios objetivos con los que calcular el coste de la electricidad.

En 1997, con la Ley 54/1997, se liberaliza el sector y se crea un mercado mayorista para establecer el precio de la electricidad, sustituyendo la retribución establecida por el Marco Legal Estable. Con esta ley se cumplen una gran parte de los objetivos y directrices planteadas por el paquete de Energía y Cambio Climático en 2020.

Durante los años posteriores a la Ley 54/1997, aunque existe el mercado de electricidad, es la administración la encargada de regular las tarifas. Esto crea dos precios de mercado diferentes, el precio de mercado y el precio que establece de forma artificial la administración, creándose así el “déficit de tarifa”. Este aumenta de manera continua hasta alcanzar la cifra de unos 3.800 millones de euros en 2005 [9].

No es hasta 2009 cuando se elimina la tarifa regulada y se crea un mercado a futuro con el que se pueden obtener rentabilidades muy elevadas. Este mercado desaparece a finales del 2013 por la presunta existencia de manipulaciones.

A finales del 2013, entra en vigor la Ley 24/2013 del Sector Eléctrico, esta ley reemplaza y actualiza la Ley 54/1997. Tanto los desequilibrios económicos del sistema eléctrico como la incorporación de las energías renovables en el sistema impulsaron la creación de esta ley. El Artículo 1 de esta ley establece como objeto “establecer la regulación del sector eléctrico con la finalidad de garantizar el suministro de energía eléctrica, y de adecuarlo a las necesidades de los consumidores en términos de seguridad, calidad, eficiencia, objetividad, transparencia y al mínimo coste”.

Mediante esta Ley 24/2013 del Sector Eléctrico, se establecen los Precios Voluntarios para el Pequeño Consumidor (PVPC), considerando pequeños consumidores a aquellos con una potencia contratada inferior a 10 kW. Los PVPC dan la opción de optar por una tarifa generalizada o, si se dispone de un contador inteligente, por una tarifa con discriminación horaria. Estas tarifas integran el precio del mercado en la factura. Red Eléctrica de España

es la encargada de poner a disposición de los consumidores el día antes, en torno a las ocho y cuarto de la tarde, los precios de cada tarifa para cada hora. Además de los PVPC, los pequeños consumidores pueden optar por realizar un contrato con una comercializadora.

Estas medidas no crean la reducción de precios que se esperaba obtener. Durante los siguientes años el déficit de tarifa sigue aumentando hasta alcanzar aproximadamente los 30.000 millones de euros en 2015 [10].

3.3.2 Normativa del sector eléctrico renovable

La introducción de las energías renovables en el sector eléctrico hace que sea necesaria la contemplación de los aspectos legales de estas. Se atiende a este aspecto en la siguiente normativa:

- Ley 24/2013, Ley del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 9/2013, establece una serie de medidas urgentes que pretenden asegurar la estabilidad financiera del sector eléctrico.
- Real Decreto. 413/2014, encargado de regular el régimen jurídico y económico de la producción de energía eléctrica mediante fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Orden 1168/2014, se instaure la fecha de inscripción de determinadas instalaciones en el registro de régimen retributivo específico.
- Real Decreto 900/2015, donde se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las diferentes modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Orden 1344/2015, aprueba la categorización de instalaciones tipo y también establece los parámetros retributivos.

- Orden 1953/2015, rectifica los parámetros retributivos y mecanismo de asignación para todas aquellas instalaciones eólicas y fotovoltaicas nuevas en los sistemas eléctricos no peninsulares.
- Orden 130/2017, actualiza los parámetros retributivos de las diferentes instalaciones tipo, tanto renovables, como cogeneración y residuos.
- Orden 555/2017, incorpora los parámetros retributivos de las instalaciones tipo relativas al tratamiento y reducción de purines.
- Real Decreto 15/2018, establece una serie de medidas urgentes necesaria para la transición energética y la protección de los diferentes consumidores.
- Real Decreto 244/2019, regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. También redefine el término autoconsumo pudiéndose aplicar este término "a uno o varios consumidores de energía eléctrica proveniente de instalaciones de generación próximas a las de consumo y asociadas a las mismas". En este Real Decreto también se redefinen en dos las modalidades de autoconsumo: con excedentes y sin excedentes.
- Real Decreto 23/2020, entra en vigor durante una pandemia mundial provocada por el COVID-19 aportando medidas en energía y en otros entornos con el fin de reactivar la economía.
- Orden 171/2020, se modifican de nuevo los parámetros retributivos de las instalaciones tipo anteriormente mencionadas.

El COVID-19 ha afectado y afecta en la economía y en el sistema energético. El R.D 23/2020 presenta una ocasión para acelerar la transición

energética y reactivar la economía mediante la inversión en energías renovables, eficiencia energética, etc.

La Unión Europea establece la base de la transición energética mediante la creación de objetivos renovables a futuro como el Paquete Clima y Energía 2020 que tenía como objetivo alcanzar el 20 % de energías renovables en 2020 y el Marco Energía y Clima 2030 que obliga a los estados miembros a tener un Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) que abarque del 2021 al 2030 y marque hitos intermedios en 2022, 2025, 2027 y 2030.

En España concretamente el PNIEC [11] establece como metas para 2030:

- El 42% del consumo de energía final sea de origen renovable.
- Reducción del 23% de las emisiones de gases de efecto invernadero respecto a los datos de 1990.
- Mejorar la eficiencia energética en un 39,5%.
- Incorporar energías renovables al mix de generación eléctrica para alcanzar el 74% de energías renovables en la generación.

Con estas metas para 2030 se pretende sentar la base para poder llegar a un sistema eléctrico con el 100% de energías renovables, y a reducir las emisiones brutas de gases de efecto invernadero un 90% en 2050.

3.3.3 Normativa del sector eléctrico renovable

El autoconsumo en España ha tenido a lo largo de los años una normativa variable que no siempre ha favorecido a este tipo de consumo.

Como se comentó anteriormente, en 2015 España alcanzaba aproximadamente los 30.000 millones de euros de déficit de tarifa. Con el Real Decreto 900/2015 se crea el cargo transitorio por la energía consumida, también conocido como impuesto al sol, con el que se pretendía

afrontar el déficit tarifario. Este impuesto fue un duro golpe al autoconsumo y a la energía solar.

En octubre del 2018 el gobierno de España deroga el impuesto al sol y aprueba el derecho de consumir sin peajes ni cargos [12]. Seguidamente en 2019 se aprueba el Real Decreto 244/2019 que regula los nuevos requisitos para el autoconsumo. Se va a prestar especial interés al tipo de consumidores, la localización de la instalación generadora y las modalidades del autoconsumo.

El tipo de consumidor puede ser individual, aquel en el que únicamente un consumidor está ligado a la instalación, o colectivo, en el que son varios los consumidores los que están asociados a la instalación.

En cuanto a la localización de la instalación generadora, esta puede encontrarse próxima a la red interior, conectada en la red interior que pertenece a los consumidores, o próxima, pero a través de la red de baja tensión.

Por último, las modalidades de autoconsumo se pueden clasificar en:

- Autoconsumo con excedente: en esta modalidad se contempla la bidireccionalidad de la energía, esto quiere decir que cuando la instalación generadora produce más de lo que necesita lo puede verter a la red y esta será compensada en la próxima factura emitida por la comercializadora (acogida a compensación) o será vendida a precio del mercado eléctrico.
- Autoconsumo sin excedente: en esta modalidad si se encuentra conectado a red es necesario un sistema de anti-vertido que evite que la energía sobrante se inyecte en la red. Esta modalidad se apoya en la utilización de baterías, que se cargan en los periodos de inactividad para ser utilizada posteriormente.

3.4 CERTIFICADO ENERGÉTICO

Debido a la necesidad de impulsar el uso de nuevas energías y mejorar la eficiencia en el uso de las mismas para poder afrontar el futuro crecimiento tanto de la demanda como del precio de la energía, surgen distintas normativas y legislaciones para controlar y fomentar la implementación de estas nuevas prácticas.

En España existen diferentes normas para regular el mercado de la vivienda, estas normas atienden aspectos que afectan a la calidad energética del edificio, así como al gasto energético [13]. Algunos ejemplos:

- El Código Técnico de la Edificación es el documento que establece las exigencias mínimas en: aislamiento, iluminación, instalaciones de energía solar, térmica y fotovoltaica. El fin de este documento es reducir el consumo de energía y establecer que parte de esta provenga de fuentes renovables desde el 2006. En el 2013 se publica la Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía» [14], del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, donde estas exigencias aumentan. En el año 2019 se actualiza nuevamente el DB-HE, quedando recogido en las siguientes secciones:
 - o DB-HE/0: Limitación del consumo energético.
 - o DB-HE/1: Condiciones para el control de la demanda energética.
 - o DB-HE/2: Condiciones de las instalaciones térmicas.
 - o DB-HE/3: Condiciones de las instalaciones de iluminación.

o DB-HE/4: Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria.

o DB-HE/5: Generación mínima de energía eléctrica.

- Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE) junto con sus instrucciones Técnicas Complementarias (RD 1027/2007 de julio de 2007 y posteriores modificaciones RD 238/2013 de 5 de abril [15]) este documento fija las exigencias de eficiencia energética de las instalaciones de calefacción, de producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS) y climatización.
- Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios (RD 235/2013 de 5 de abril). A cada edificio se le designa una calificación energética según cómo sean las instalaciones de consumo de energía del edificio, así como las características constructivas que influyen en la demanda energética. Este documento pretende ofrecer toda la información necesaria sobre el comportamiento energético del edificio. La Directiva Europea marca esta normativa en la Directiva 2010/31/UE, de 19 de mayo de 2010.
- Real Decreto Legislativo 1/2007 de 16 de noviembre es el documento en el que se defiende a consumidores y usuarios.
- Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación de 15 de noviembre de 1999 es la ley en la que se encuadran los requisitos mínimos de los edificios y los plazos de responsabilidad civil para todos los agentes involucrados en la construcción del edificio.

Los certificados energéticos de edificios aparecen como herramienta objetiva para informar sobre la eficiencia energética. Esta herramienta es sumamente útil tanto a compradores y vendedores o arrendadores y arrendatarios [16].

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO TERMINADO ETIQUETA

DATOS DEL EDIFICIO

Normativa vigente construcción / rehabilitación	Tipo de edificio
Dirección	
Municipio	
Referencia/s catastrales	C.P.
	C. Autónoma

ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

	Consumo de energía kWh / m ² año	Emisiones kg CO ₂ / m ² año
A más eficiente		
B		
C		
D		
E		
F		
G menos eficiente		

REGISTRO

Válido hasta dd/mm/aaaa

ESPAÑA
Directiva 2010 / 31 / UE

Figura 6. Etiqueta energética de edificios.

Desde el 14 de enero de 2016 sólo se admiten los certificados de eficiencia energética ejecutados con la última versión actualizada de [17]:

- LIDER-CALENER (HULC), programa público con el que se puede calificar cualquier tipo de edificio.
- CE³, y CE³X., programa informático simplificado de iniciativa pública.
- CERMA, Programa informático simplificado de iniciativa privada, para viviendas nuevas y existentes.

El 5 de julio de 2018 se admiten además los certificados de eficiencia energética realizados con la última versión actualizada de [17]:

- CYPETHERM HE Plus.
- SG SAVE.
- Complemento CE³X para edificios de nueva construcción.

En este trabajo se utiliza la herramienta informática CE³X para elaborar el certificado de eficiencia energética de las viviendas a estudio. Este procedimiento consiste en obtener la etiqueta de eficiencia energética, esta se incluye en el documento de certificación que se genera de forma automática.

Las etiquetas poseen una escala de siete letras, comenzando en la A, como la más eficiente y terminando en la G, como la menos [18].

3.5 DEMANDA Y COSTE DE ENERGÍA

En los últimos años la demanda de energía a nivel global ha tenido una tendencia creciente. En la Figura 7, se muestra la evolución de la demanda energética de 1990 a 2018. Como puede verse en la imagen, la demanda energética está estrechamente ligada al PIB del país, observándose una gran caída en la demanda coincidiendo con la crisis del 2008 [19].

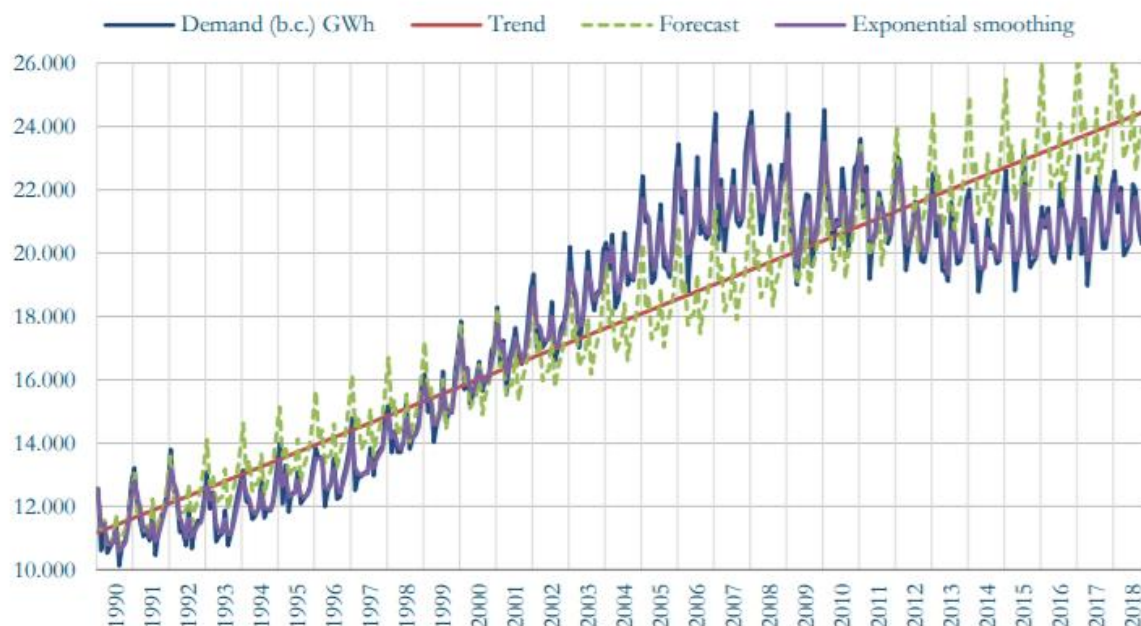


Figura 7. Demanda energética en España [19].

La tendencia de la demanda global de energía es al alza. Es por eso por lo que se prevé que las necesidades energéticas globales aumentarán de forma significativa en los próximos años [6]. En la Figura 8 se muestra una estimación de la demanda energética en España para el año 2030.

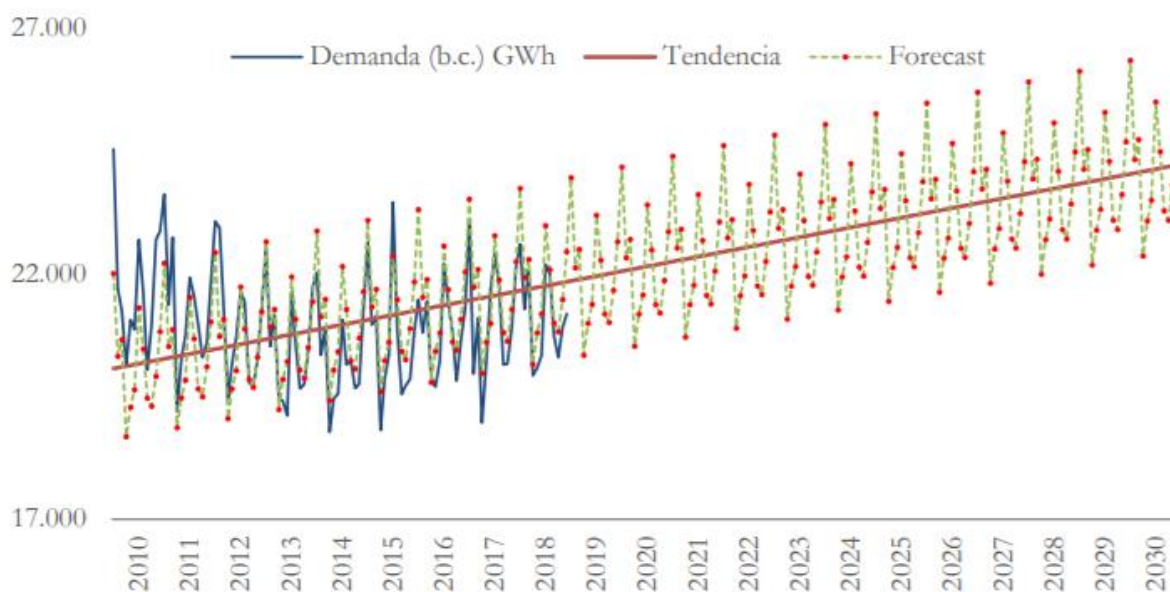


Figura 8. Estimación de la demanda energética en España para 2030 [19].

A día de hoy, el principal objetivo es cambiar el modelo energético actual por uno más eficiente y menos dañino para el medio ambiente, sin alterar el crecimiento actual de la necesidad de energía.

Se hace necesaria una mayor incorporación de energías renovables y de medidas de eficiencia energética para poder satisfacer este crecimiento de demanda sin empeorar la situación medioambiental ni encarecer excesivamente el coste de la energía. Gracias a las medidas de eficiencia energética, estas necesidades energéticas se ven reducidas, provocando un aumento menos significativo de la demanda. En cierto modo el aumento de población provoca un aumento de la demanda energética, pero al aplicar medidas de eficiencia energética se contrarresta el potencial aumento de demanda. También ha de tenerse en cuenta la incorporación del vehículo eléctrico como medio de transporte alternativo a las energías convencionales, ya que este provocará también un aumento de la demanda [6].

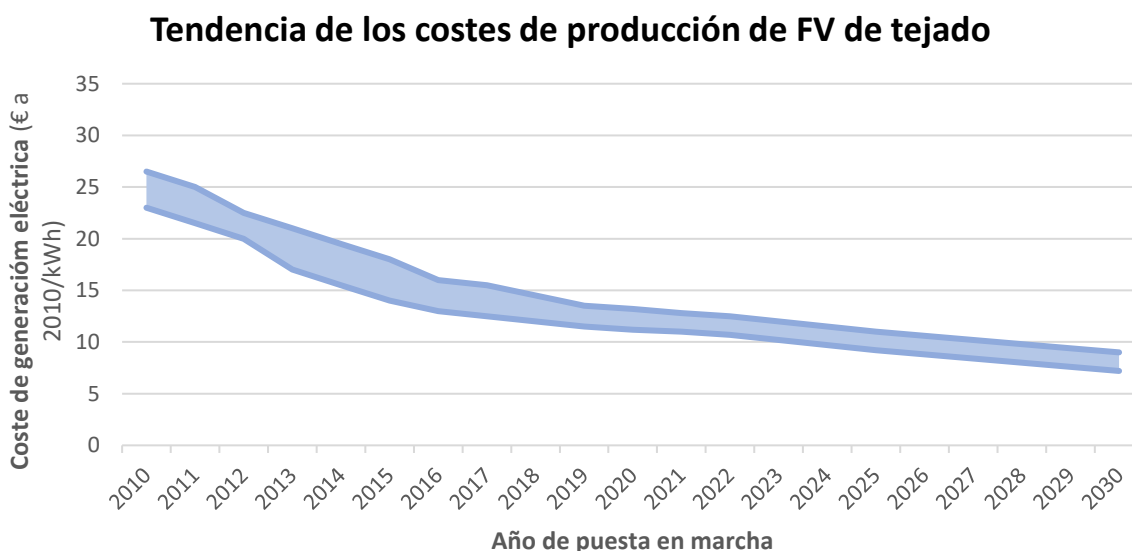


Figura 9. Tendencia de los costes de producción de instalaciones fotovoltaicas de tejado [20].

Actualmente, la energía solar fotovoltaica es la energía renovable con mayor crecimiento en los últimos años. Además de ser la que mayor

perspectiva de crecimiento tiene para las décadas venideras (2030-2050) tanto en la producción para autoconsumo como a gran escala [21].

La empresa AleaSoft (empresa que ofrece soluciones para realizar previsiones en el sector de la energía) estima que un precio de venta bajo a largo plazo no es sostenible, ya que haría que la generación mediante renovables no fuese rentable [22].

En el año 2021, la transición energética ha provocado un aumento en los precios de los derechos de emisión de CO₂, llegando a duplicar su precio respecto al 2020 [23] lo que ha causado un encarecimiento de los precios tanto de la electricidad como del gas natural en toda Europa. Esto repercute en los precios del mercado de futuros de electricidad del año 2022, siendo estos un 50% superior a lo que lo eran en 2021 para la misma época. [24]. Según Kepa Solaun, fundador de Factor (empresa que ofrece soluciones globales y sostenibles en áreas como cambio climático, energía, trading o innovación), lo que ocurre actualmente "es una combinación de factores, pero lo más importante es el aumento de ambición europea en cambio climático, junto con un contexto de enorme liquidez y tipos bajos, que hace que muchos inversores vean el derecho de emisión como un activo interesante a largo plazo" [24].

En cuanto al precio de los combustibles fósiles, concretamente el barril de Brent, varía a lo largo de los años con tendencia general creciente pero con variaciones ascendentes y descendentes que dependen de diferentes factores. A continuación, se muestra la evolución del precio del barril de Brent desde el 2000 hasta el 2020.

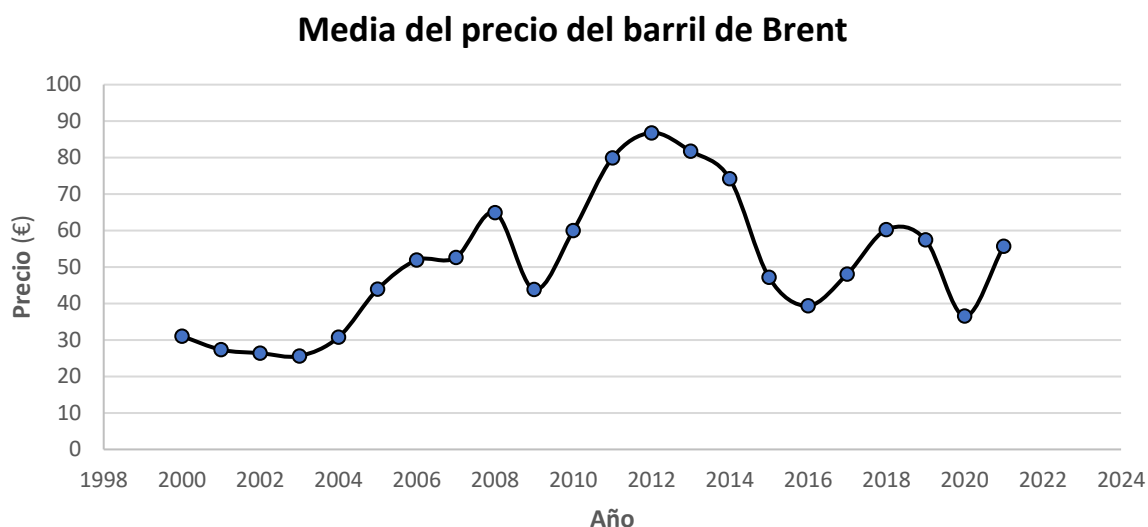


Figura 10. Precios medios del barril de Brent del 2000 al 2020 [25].

Algunos de los acontecimientos que provocaron una variación importante en el precio del barril de Brent son [26]:

- Hasta 2008 el precio experimenta un incremento más o menos constante, esto es debido a la creciente demanda de China e India.
- En 2008 tiene lugar una crisis financiera mundial que provoca un descenso en el consumo y por ende del precio.
- Entre 2011 y 2012 existe otro pico debido a la guerra civil que asoló Libia, seguido de un descenso debido al aumento de producción de los Estados Unidos.
- En 2020 se produce nuevamente un descenso del precio, esto es debido a la pandemia mundial COVID – 19.

Se cree que los combustibles fósiles se van a encarecer, de cara al futuro, como consecuencia de los impuestos añadidos debidos a los costes medioambientales.

El cambio climático está incrementando los precios de los carburantes. Debido al objetivo de cero emisiones, tanto las principales economías del mundo como grandes multinacionales y fondos de inversión están invirtiendo capital para alcanzar esta meta.

Se estima, que estas inversiones en energías limpias afectarán a la oferta del petróleo, lo que provocará un aumento de los precios del mismo durante los próximos años [27].

La Agencia Internacional de la Energía (AIE) publica un informe en mayo de 2021 en el que afirma que es necesario no invertir en energías fósiles para lograr el objetivo de cero emisiones. Esto presionará aún más al alza los precios del petróleo [27].

En lo referente al panorama español, según el plan España 2050 publicado por el Gobierno recientemente, los combustibles derivados del petróleo verán incrementados sus impuestos de forma paulatina hasta igualarlos con los de los principales estados miembros de la UE. Esto pretende reducir la importación de combustibles fósiles de otros países e incentivar la transición ecológica [28].

3.6 ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

La arquitectura bioclimática está estrechamente relacionada con los sistemas solares pasivos. Este tipo de arquitectura busca optimizar el diseño arquitectónico creando un equilibrio entre las relaciones energéticas, el entorno medioambiental y el propio diseño de los edificios.



Figura 11. Vivienda bioclimática en Oporto.

El objetivo de la arquitectura bioclimática es aprovechar la energía solar al máximo, aprovechando de la forma más adecuada la orientación de los edificios, a la vez que se vale de diversos mecanismos para controlar la radiación solar, especialmente durante los periodos más calientes del año. En estos periodos es cuando existe la mayor probabilidad de sobrecalentamientos. Para evitar el sobrecalentamiento en el interior de una edificación se utilizan elementos que rebajen la temperatura de forma también pasiva. Los sombreadores son un claro ejemplo de este tipo de elementos, siendo de los más utilizados [29].

Una parte imprescindible en el estudio es que todas las edificaciones deben de partir de la idea de confort térmico en su interior. Proporcionando un estado en el que el usuario no sienta ni frío ni calor. Es importante a la hora de conseguir este confort térmico que la energía empleada para alcanzar este estado sea la mínima posible.

Antiguamente, se construían edificios herméticamente cerrados, cuyo ambiente interior se controlaba de forma automática, para lograr la conservación de la energía que permitiera obtener el confort térmico en el interior del edificio. Actualmente esto no se considera del todo correcto, dado el incremento en el consumo energético que esto conlleva. Es por ello por lo que se busca la integración de la vivienda con el medio con el fin de minimizar la demanda.

Teniendo en cuenta lo anterior, y con objeto de minimizar la energía que va a consumir la vivienda, se tiene en consideración aspectos tales como las condiciones climáticas de la ubicación donde se edificará, la radiación solar del lugar, el uso de la vegetación, etc. Se pretende por tanto mejorar las condiciones ambientales mediante la integración de sistemas solares activos y pasivos en la vivienda sin sacrificar la calidad arquitectónica y sin disminuir el confort térmico.

3.6.1 Sistemas solares pasivos

Los sistemas solares pasivos son aquellos en los que los procesos de captación, almacenaje y transferencia de calor de la radiación solar se hacen de forma natural. En estos sistemas se aprovechan los propios elementos y materiales del edificio para aprovechar al máximo la energía solar.

Todos los edificios son de alguna manera pasivos, en mayor o menor medida. Si se quiere favorecer la componente pasiva de la vivienda, hay que prestar una atención especial a la localización de la vivienda, la orientación, la configuración de la distribución de habitaciones, los materiales de construcción, los gradientes térmicos en el interior, la localización y dimensionamiento de puertas y ventanas y los aislamientos térmicos (sumamente importantes, sobre todo en la fachada que está orientada al norte en el hemisferio Norte y al sur en el hemisferio Sur) [29].

Las técnicas solares pasivas moderan las oscilaciones de temperatura en el interior de las viviendas a lo largo de todo el año, independientemente de las variaciones de temperatura que se produzcan en el exterior. Gracias a esto se reduce la demanda energética y la necesidad de iluminación artificial.

Se puede encontrar en los sistemas pasivos dos tipos de elementos básicos [29]:

- Superficies acristaladas: son aquellas superficies transparentes o translúcidas por las que entra luz en el interior de la vivienda, como pueden ser ventanas, tragaluces, fachadas de cristal, etc-
- Envolvente del edificio: son los muros y tejado del edificio. Son las superficies con inercia térmica donde se almacena, capta, acumula y distribuye la energía solar que los alcanza.

Dentro de las técnicas pasivas se encuentran la calefacción pasiva, la refrigeración pasiva y la ventilación natural. La calefacción y la refrigeración pasivas pueden absorber o ceder su energía de tres maneras diferentes:

- Forma directa: la vivienda absorbe o cede la energía a través de superficies que permiten el paso de luz, como cristales.
- Forma indirecta: la vivienda absorbe o cede la energía a través de elementos que se encuentran en contacto con el interior, como por ejemplo los muros.
- Forma aislada: la vivienda absorbe o cede la energía a través de elementos que no se encuentran en contacto con el interior.

Respecto a la refrigeración pasiva se puede destacar la utilización de diferentes mecanismos para conseguir sombra en caso de ser necesario, pudiendo evitar los excesos de captación en las áreas acristaladas. Con este fin se puede utilizar por ejemplo la vegetación como método para disminuir los gastos energéticos.

Las aberturas acristaladas son uno de los mayores captadores de energía. Esta captación de radiación depende de la radiación incidente, del área de la abertura, y del coeficiente de transmisión del vidrio. Si se quieren reducir estas ganancias de la forma más eficaz posible, es necesario interceptar la radiación solar antes de que alcance la superficie acristalada. Por ello la colocación de sombreadores varía de forma significativa la captación procedente del Sol.

Sombreadores

Los sombreadores son elementos utilizados para controlar las ganancias solares sobre superficies acristaladas en las edificaciones.

Los elementos sombreados se pueden clasificar según su movilidad en fijos o ajustables y según su localización en externos o internos. Los sombreadores externos pueden ser fijos o ajustables. Algunos ejemplos de sombreadores externos son:

- Voladizos: la propia estructura produce sombra.
- Lamas fijas o móviles: elementos paralelos o perpendiculares al cerramiento (horizontales o verticales). En el caso de los móviles, se pueden ajustar en función de la sombra que se desee generar.
- Vegetación de hoja caduca: durante el invierno no hay hojas, lo que deja pasar la radiación solar, mientras que en verano las hojas dan sombra.

Los sombreadores exteriores que cubren por completo las aberturas consiguen una reducción de la energía que procede del Sol de entorno al 80% [29].

Los sombreadores internos más habituales son: persianas, estores, cortinas, etc. Estos elementos son más comunes, y además de dar privacidad y servir como decoración, permiten controlar la entrada de luz solar. Dependiendo de su capacidad de reflejar la radiación del Sol antes de que esta sea absorbida, reducirán en mayor o menor medida la energía procedente del Sol.

Muros trombe

Los muros Trombe son un sistema de calefacción solar pasivo que nace en 1957. Este sistema de calefacción se basa en un calentamiento indirecto en el que existen ligeras fluctuaciones térmicas, posee un rendimiento alto y los mecanismos de control de este son simples [30].

Los muros Trombe consisten en un área acristalada, generalmente de vidrio, por donde entra la radiación solar; y una masa térmica maciza colocada en el interior de esta área acristalada. La masa térmica maciza es la encargada de absorber la energía solar que atraviesa el vidrio. El aire que está en el interior de esta área se calienta por convección y genera un flujo de aire caliente que asciende hasta la parte superior, donde existe una abertura hacia el interior de la vivienda.

La temperatura de la habitación que se encuentra en contacto con el muro Trombe aumenta debido al flujo de aire caliente y a la irradiación del propio muro. Dentro de la habitación el aire caliente, que se encuentra en la parte superior, fluye desde la parte superior hacia la inferior debido a la diferencia de temperatura, provocando así que el aire frío se incorpore por una abertura en la parte inferior en el área acristalada donde se calentará.

Más adelante, en el apartado 4.3.3, se describe el funcionamiento del muro Trombe con mayor detalle.

Los diseños clásicos de muro Trombe muestran algunos problemas que es interesante tener en cuenta [30]:

- Baja resistencia térmica: en las ocasiones que la energía solar absorbida por el muro es reducida (por las noches o en días nublados) los flujos de calor pueden invertir el sentido, provocando una gran pérdida de calor en los edificios.
- Incertidumbre en cuanto a los movimientos del aire dentro de la zona acristalada debido a la variabilidad de la intensidad solar: los muros Trombe tienen dependencia de las horas de sol al día, las estaciones y las nubosidades, cualquier cambio en uno de estos factores afecta de manera directa a la temperatura del sistema.

- El tamaño del dispositivo de captación, así como los tamaños de las aberturas que comunican el área acristalada con el interior del edificio afectan al comportamiento del sistema [30].
- El material de la masa térmica y las dimensiones también afectan de manera directa al sistema.
- Socialmente no son consideradas estéticamente agradables, aunque mejoren en gran modo el confort térmico interior.



Figura 12. Muro Trombe.

Debido a estas desventajas del diseño, que empeoran la eficiencia del sistema, se han realizado mejoras para contrarrestar estas problemáticas. Por ejemplo, una mejora básica para aumentar la eficiencia es el control de la apertura y cierre de las aberturas superior e inferior. Se pueden encontrar otras mejoras como la creación de nuevos canales en el acristalamiento, sistemas para la utilización dependiendo de la estación del año y la localización geográfica [30].

3.6.2 Sistemas solares activos

Los sistemas solares activos pueden ser térmicos o fotovoltaicos y suelen usarse como apoyo a los sistemas convencionales de calefacción y electricidad, respectivamente.

Sistemas solares térmicos activos

Los sistemas solares térmicos activos transforman la radiación solar en energía térmica utilizando mecanismos activos. En este proceso de captación de radiación solar es necesario tener un sistema de captación, almacenaje, intercambiadores, válvulas, controles, etc. Estos conjuntos suelen instalarse después de que la construcción del edificio haya concluido, lo que supone un gasto considerable. Por esto es por lo que es deseable dimensionar la instalación solar térmica activa durante la fase de diseño, antes de la construcción de la vivienda [29].

Los sistemas solares térmicos activos necesitan un mantenimiento periódico, por lo que también se ha de tener en cuenta la vida útil de los componentes de los mismos.

Sistemas solares fotovoltaicos activos

Los sistemas solares fotovoltaicos son aquellos que convierten de manera directa la luz solar en energía eléctrica. Es una tecnología en auge que a día de hoy se encuentra extensamente desarrollada.

Las células fotovoltaicas son dispositivos formados por semiconductores en los que se convierte directamente la radiación solar incidente en energía eléctrica, utilizando para ello el efecto fotoeléctrico. La mayoría de las células fotovoltaicas están compuestas por monocristales de silicio, aunque también existen células de otros materiales como germanio, selenio, compuestos binarios y terciarios [31].

Actualmente los sistemas solares fotovoltaicos se comercializan en forma de módulos fotovoltaicos. Estos módulos dan mucha versatilidad a las instalaciones fotovoltaicas al dar la opción de dimensionar demandas

concretas y la de realizar una ampliación si las necesidades así lo requieren. Estos módulos pueden colocarse en diferentes ubicaciones: cubiertas horizontales, cubiertas inclinadas, cubiertas semitransparentes, fachadas, elementos de sombra, etc.

Estos módulos se pueden conectar en serie o en paralelo. En los módulos en serie las tensiones son aditivas y las corrientes son constantes, al contrario que en las conexiones en paralelo, en las que las corrientes son aditivas y las tensiones son constantes [31].

Independientemente del emplazamiento y la conexión, hay que tener en cuenta un factor importante, la ventilación. La cara externa de los módulos ha de estar ventilada para evitar altas temperaturas que disminuyan el rendimiento de los módulos. Tanto el rendimiento como la potencia de salida disminuyen linealmente con la temperatura de funcionamiento.

La potencia eléctrica producida por las células fotovoltaicas depende de la irradiancia, del área de la temperatura, del rendimiento a la temperatura de referencia y de la transmisividad de la superficie externa.

Las células fotovoltaicas se encuentran expuesta al Sol durante todo el día, por lo que existe la posibilidad de que parte de la energía generada no sea utilizada al momento. Es por ello por lo que se utilizan baterías para almacenar la energía sobrante no utilizada y así poder disponer de ella en otro momento [31].

3.7 BIOMASA

La biomasa es la parte que se biodegrada de los productos, desechos y residuos de la agricultura, ganadería, silvicultura e industrias relacionadas, así como la parte biodegradable de los residuos industriales y urbanos [32].

El concepto de biomasa es muy amplio, ya que engloba diferentes fuentes energéticas con una idea común, pero con una ejecución diferente en cuanto a las tecnologías utilizadas para obtener la biomasa y la producción energética.

Dado la amplitud del término biomasa, se puede distinguir dentro de la misma cuatro fuentes energéticas diferentes [32]:

- Biomasa sólida: es la materia orgánica que tiene un origen animal o vegetal. Puede provenir de cultivos energéticos, que se destinan únicamente a la producción de biomasa o de residuos forestales y agrícolas y de las industrias relacionadas con estas.
- Biogás: es un gas producto de los procesos de fermentación provocados por bacterias en ausencia de oxígeno (procesos anaeróbicos). Este proceso se llama metanización. La metanización de los residuos sólidos urbanos puede ser natural, si se deposita en vertederos, o voluntaria, cuando es producida en digestivos anaerobios.
- Fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos: son todos los residuos orgánicos procedentes de parques y jardines y de restos de alimentos (producción, distribución, venta y consumo). La manera de obtener energía de estos es mediante la incineración de los mismos.
- Biocarburantes o biocombustibles líquidos: son aquellos combustibles líquidos de origen orgánico que, debido a sus similitudes con los combustibles, pueden reemplazar de forma total o parcial a la gasolina o al gasóleo.

La energía producida mediante biomasa se usa principalmente con aplicaciones térmicas y de generación eléctrica, tanto a nivel de domicilios y pueblos como industrial.

Dentro de las aplicaciones térmicas destaca el uso de calderas o estufas en viviendas unifamiliares, bloques de viviendas o como calefacciones centralizadas, las cuales requieren de calderas de mayor tamaño, así como

de grandes silos para el almacenamiento de la biomasa. Las aplicaciones térmicas se pueden acompañar de producción eléctrica (cogeneración con biomasa).

Las aplicaciones eléctricas parten de la biomasa sólida y precisan de sistemas complejos debido al bajo poder calorífico de la biomasa. Esto hace que los rendimientos sean bajos, además, la necesidad de grandes centrales con grandes calderas conlleva la necesidad de inversiones elevadas. Como punto a favor de la aplicación eléctrica de la biomasa sólida, se puede destacar la capacidad de esta para garantizar el suministro a cualquier hora del día, sin depender de la climatología, ventaja que no poseen otras energías renovables como el viento, la lluvia o el Sol [32].

4 DESCRIPCIÓN DE LAS VIVIENDAS

En este trabajo, se realiza un estudio comparativo entre dos viviendas; una vivienda tradicional, sin ninguna mejora energética, a la que se denominará a partir de ahora “vivienda básica”; y una vivienda que implementa mejoras de eficiencia energética y se alimenta únicamente de energía renovable, a la que se denominará a partir de ahora “vivienda mejorada”.

A continuación, en primer lugar, se muestra una descripción de la parcela en la que se ubican las viviendas, seguido de una descripción detallada de las dos viviendas que son objeto de este estudio. Para caracterizarlas de forma correcta, se comentarán diversos aspectos sobre su ubicación, distribución e instalaciones.

4.1 PARCELA

Respecto a la ubicación, ambas viviendas son construidas en la misma finca de un pueblo de Valderredible, San Martín de Valdelomar, Cantabria.



Figura 13. Mapa de Cantabria y de Valderredible.

Se trata de la finca 39094A224000410000JW según el catastro [33]. Esta finca posee un área de 17.244 m². En la Figura 14 se muestra una imagen de la misma. Consiste principalmente en un prado ligeramente inclinado hacia el sureste, con una pequeña elevación rocosa en el centro de la finca en la que crecen pequeños árboles.



Figura 14. Vista aérea finca.

4.2 VIVIENDA BÁSICA

La vivienda básica es una edificación formada por dos plantas de 100 m² cada una y está basada en una vivienda real que el estudiante ha tomado como caso práctico para realizar este trabajo, a la que se llamará a partir de ahora “vivienda de referencia”. De esta forma se parte de datos reales de consumo eléctrico y de Gasóleo-C. El consumo eléctrico se toma de la red eléctrica y el de Gasóleo-C sirve para alimentar una caldera que proporcionará la calefacción y el ACS.

La vivienda básica únicamente necesita cumplir los requisitos mínimos estipulados por el código técnico de edificación, en el que se establecen las reglas y procedimientos básicos que permiten cumplir las exigencias de ahorro de energía y para contar con un certificado energético de la letra D.

4.2.1 Orientación

La vivienda se va a ubicar en la zona sur de la parcela, entre el límite sur y la elevación rocosa con árboles en el centro de la finca.

La vivienda básica se sitúa en la finca con una orientación tal que la fachada principal, en la que se encuentra la puerta de entrada a la vivienda, queda perpendicular a la carretera de acceso a la finca. La situación de la vivienda es la siguiente (véase Figura 15):

- Fachada A: orientación Suroeste.
- Fachada B: orientación Noroeste.
- Fachada C: orientación Noreste.
- Fachada D: orientación Sureste.



Figura 15. Ubicación de la vivienda básica en la finca.

4.2.2 Distribución

La vivienda básica consiste en una vivienda de dos plantas. Cada planta tiene una superficie de 100 m², un largo de 12,5 m, un ancho de 8 m y un alto de 2,8 m.

Los muros exteriores tienen 15 cm de espesor. La composición de su muro es de 1/2 pie de fábrica de ladrillo, los ladrillos son ladrillos perforados de media asta. Además, se tiene un aislamiento por el interior de 5 cm de Poliestireno Expandido (EPS).

La distribución de la vivienda es simple para poder aprovechar al máximo el espacio del habitáculo. La planta baja de la vivienda se compone de un salón abierto unido con el pasillo, una cocina, un baño y una habitación. La primera planta está formada por otras tres habitaciones y un baño.



Figura 16. Plano de la Vivienda Básica planta baja.



Figura 17. Plano de la Vivienda Básica primera planta.

Para acceder a la vivienda hay una puerta metálica compuesta por marco de acero galvanizado y hoja de acero lacada en color gris por ambas caras con interior aislante de espuma de poliuretano expandido de 90×210 cm [34].

Las ventanas están distribuidas a lo largo de toda la superficie exterior, cada planta tiene 7 ventanas blancas de aluminio con persiana corredera de 140×135 cm [34], poseen acristalamiento doble y el cajón de la persiana y las lamas son de PVC. Estas ventanas poseen un aislamiento térmico bajo.

4.2.3 Instalaciones

A continuación, se describen las principales instalaciones de la vivienda básica que suponen una diferencia significativa respecto a las de la vivienda mejorada.

Iluminación

La instalación de iluminación de la vivienda básica utiliza tecnología led y está formada por 10 puntos de luz en la planta baja y 11 en la primera. Cada punto de luz está formado por dos bombillas de 5,2 W, sumando 10,4 W de potencia en cada punto. A continuación, se muestra la distribución de luminarias en la planta baja y primera de la vivienda básica.

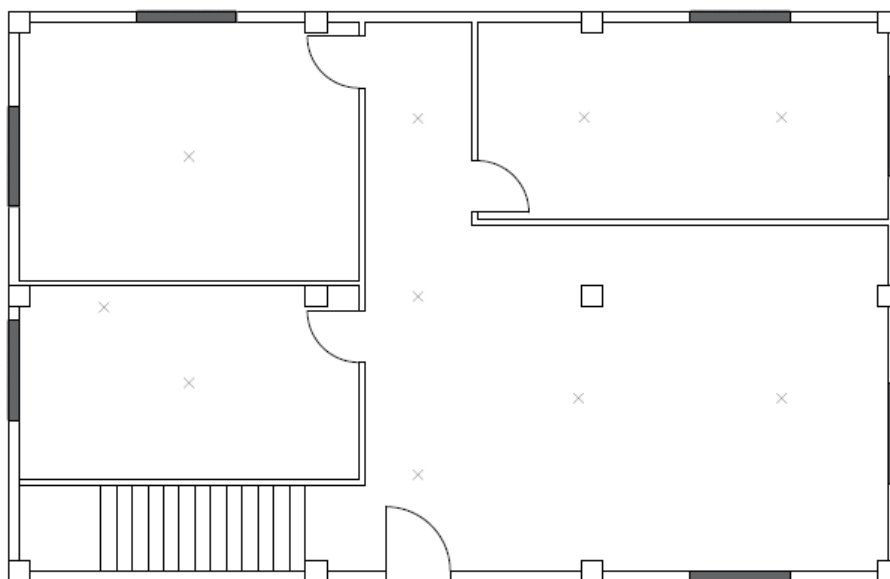


Figura 18. Plano Iluminación de la Vivienda Básica planta baja.

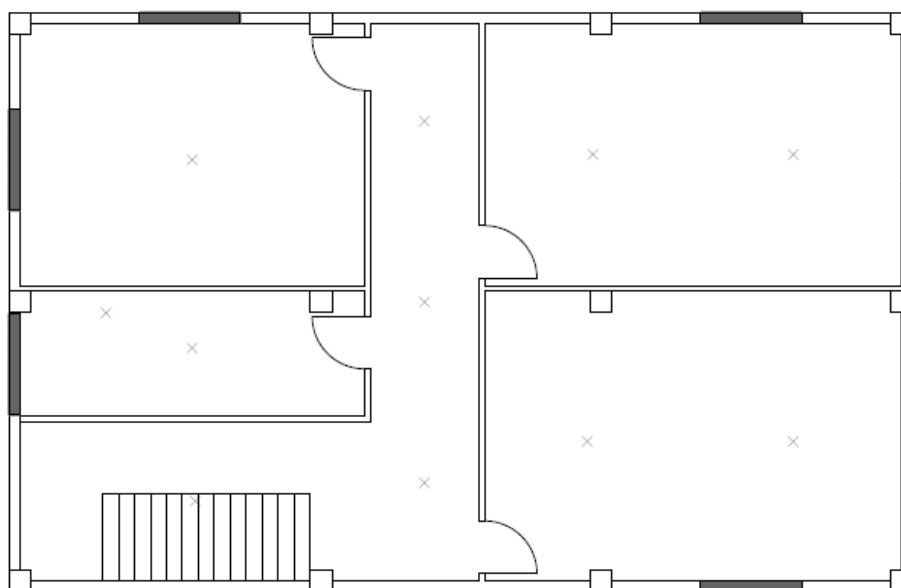


Figura 19. Plano Iluminación de la Vivienda Básica primera planta.

Sistema de calefacción y Agua Caliente Sanitaria (ACS)

Esta vivienda va a tener un equipo mixto de calefacción y ACS. La única encargada de realizar esta labor será una caldera estándar de Gasóleo-C Gavina GTI 30 cuya potencia es de 33,7kW y su rendimiento del 88%. Las calderas de Gasóleo-C necesitan un depósito para almacenar el Gasóleo-C, por lo que esta vivienda necesitará un depósito de 1000 L para poder almacenar de forma satisfactoria el Gasóleo-C antes de su consumo.

Resumen de la demanda eléctrica

Para estudiar la demanda eléctrica de la vivienda básica se estudian dos periodos diferenciados, frío y el cálido por ser diferente la demanda según la climatología. El periodo cálido comprende de marzo a noviembre, mientras el periodo frío incluye los meses de diciembre, enero y febrero.

En la siguiente tabla se muestran la potencia y demanda total para ambos periodos a modo resumen, la tabla completa se encuentra en el ANEXO III. Demanda eléctrica diaria.

Tabla 1. Tabla resumen de potencia y demanda total de la vivienda básica

	Potencia Total (kW)	Demanda total (kWh)
Periodo frío	22,98	15,79
Periodo cálido	22,98	12,18

En cuanto al suministro eléctrico de la vivienda, esta se encuentra conectada a la red eléctrica, donde el 30% de la electricidad proviene de recursos renovables. Más adelante se detallará el coste de la acometida de la vivienda, así como el asociado a la demanda eléctrica.

4.3 VIVIENDA MEJORADA

La vivienda mejorada se basa en la vivienda básica. A esta vivienda se le realizan una serie de cambios desde la fase de diseño para mejorar su rendimiento energético. Para esto se atenderá tanto a aspectos

constructivos, como de ubicación, recursos de la zona y características del terreno donde se asientan ambas viviendas.

La vivienda mejorada también consta de dos plantas de 100 m² cada una, pero se diferencia de la básica tanto en la distribución interior de la misma como en las calidades de muros, puertas y ventanas. La vivienda mejorada aprovecha la orientación de forma beneficiosa para conseguir temperaturas interiores lo más estables posibles. Además, esta vivienda mejorada estará desconectada de la red eléctrica y satisface sus necesidades con una instalación fotovoltaica. En cuanto a la calefacción y al ACS, será una caldera de biomasa la encargada de realizar el suministro de energía térmica. La biomasa que alimenta a esta caldera se obtiene de la propia finca en la que se ubica la vivienda.

4.3.1 Orientación

Al igual que la vivienda básica, esta se va a ubicar en la zona sur de la parcela, entre el límite sur y la zona con rocas y árboles en el centro de la finca.

Se orienta la vivienda mejorada de manera que se pueda aprovechar de la forma más eficiente posible la radiación del Sol y que el lado de la vivienda que da hacia el Norte quede protegido del viento de forma natural por la elevación rocosa con pequeños árboles que se encuentra el centro de la parcela. La vivienda quedaría orientada por tanto de la siguiente forma: (véase Figura 20).

- Fachada A: orientación Sur.
- Fachada B: orientación Oeste.
- Fachada C: orientación Norte.
- Fachada D: orientación Este.



Figura 20. Plano catastro

4.3.2 Distribución

La vivienda mejorada, al igual que la vivienda básica, consiste en una vivienda de dos plantas de 100 m^2 , con un largo de 12,5 m, un ancho de 8 m y un alto de 2,8 m por planta.

Los muros exteriores tienen 30 cm de espesor. La composición de su muro es de doble hoja con cámara rellena de aislamiento de 8 cm de Poliestireno Extruido (XPS) de clase III con resistencia a la compresión de 250 kPa [35]. Los ladrillos, al igual que en el modelo de la vivienda básica, son ladrillos perforados de media asta, pero en este caso será un muro doble.

La distribución de la vivienda se basa en las técnicas de energía solar pasiva para poder aprovechar al máximo el entorno. La planta baja de la vivienda se compone de un pequeño pasillo que se une a un salón grande, una

cocina, un baño y una habitación. La primera planta está formada por otras tres habitaciones y un baño.

Además, la vivienda mejorada tiene un caseto adjunto formado por dos habitáculos, uno para almacenar los elementos de la instalación fotovoltaica y de biomasa y otro orientado en la pared sur, donde se almacenarán los restos de siega y poda.

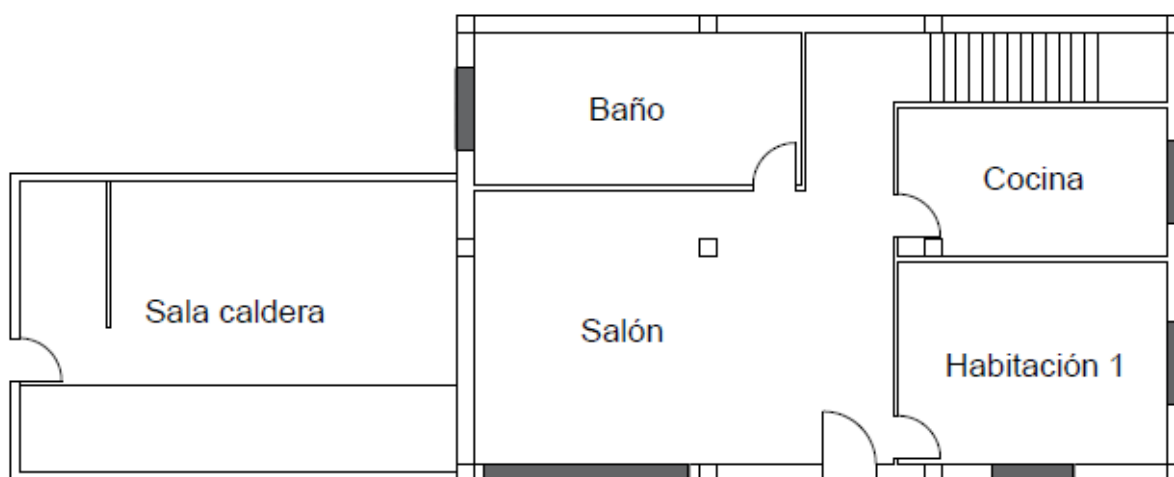


Figura 21. Plano de la Vivienda Mejorada planta baja.

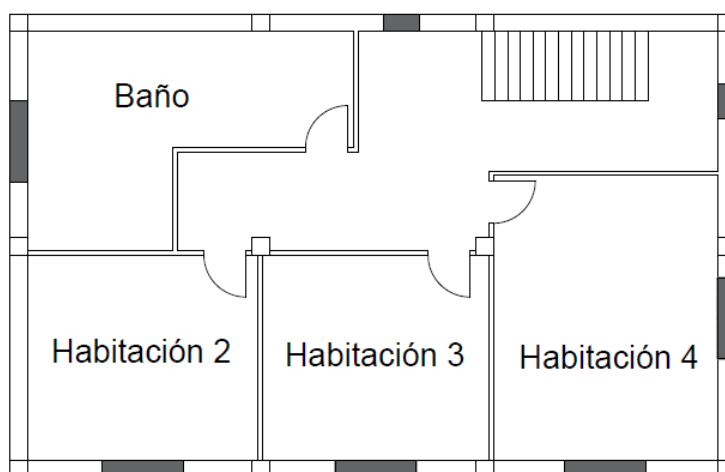


Figura 22. Plano de la Vivienda Mejorada primera planta.

En este caso, la colocación de los habitáculos de la vivienda no es arbitraria. La distribución está estudiada para que los cuartos y el salón tengan orientación Sur, lo que hará que su temperatura sea más confortable y sean más luminosos.

Para acceder a la vivienda se tiene una puerta de PVC Ibiza blanca con interior de espuma de poliuretano que aporta aislamiento térmico y un cristal en la parte superior de la puerta que permite que entre la luz natural. Sus medidas son de 98×208m [34].

Las ventanas están distribuidas a lo largo de la superficie exterior. En la fachada A, orientada al Sur, se encuentra la mayor parte de ventanas, ya que es el lado más caluroso, mientras que, en la fachada C, orientada al Norte, sólo tiene una pequeña ventana. Esta pequeña ventana está ubicada de forma que al abrirla se cree una corriente transversal que sirva de ventilación para la vivienda.

Se tienen tres tipos de ventanas en esta vivienda:

- Tipo 1: Ventanas oscilobatientes de PVC blanco de 70 mm con persiana de 140×139 cm [34].
- Tipo 2: Ventanas oscilobatientes de PVC blanco 60×70 cm [34].
- Tipo 3: Ventanal a medida de PVC 350×200 cm [36].

En la planta baja existen 5 ventanas del tipo 1 y una del tipo 3. En la primera planta se encuentran 5 ventanas del tipo 1 y 2 del tipo 2. Todas las ventanas anteriormente mencionadas poseen acristalamiento doble bajo emisivo, un excelente aislamiento térmico, buena estanqueidad y buena resistencia al viento.

4.3.3 Instalaciones

A continuación, se describen las principales instalaciones de la vivienda mejorada que suponen una diferencia significativa respecto a las de la vivienda básica.

Iluminación

La instalación de iluminación de la vivienda mejorada utiliza tecnología led al igual que la básica y está formada por 11 puntos de luz en la planta baja y 9 en la primera. Cada punto de luz está formado por dos bombillas con una potencia de 8 W en cada punto. A diferencia de la vivienda básica, la vivienda mejorada, posee una ubicación estratégica en cuanto a la orientación y a las ventanas, que hace que las horas de funcionamiento de la iluminación sea menor que en la vivienda básica. A continuación, se muestra la distribución de luminarias en la planta baja y primera de la vivienda mejorada.

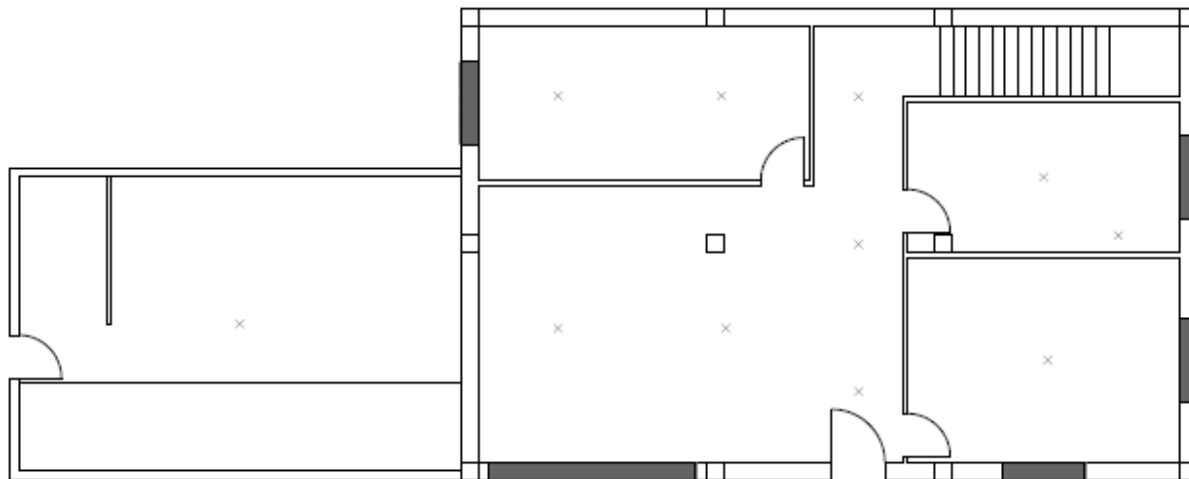


Figura 23. Plano Iluminación de la Vivienda Mejorada planta baja.

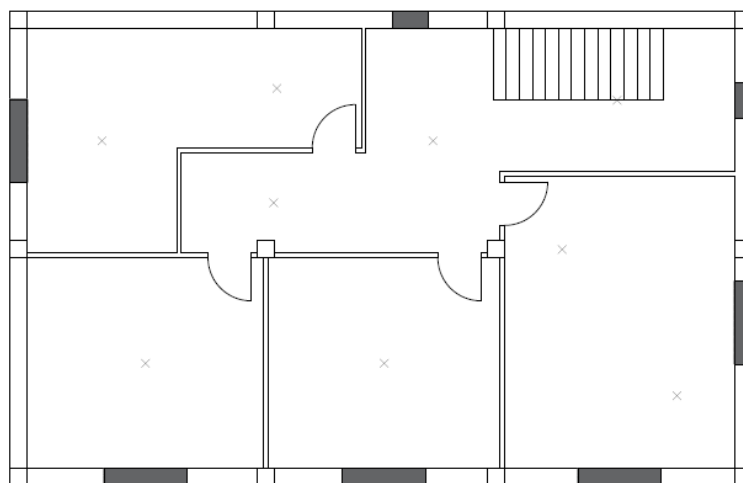


Figura 24. Plano Iluminación de la Vivienda Mejorada primera planta.

Sistema de calefacción y Agua Caliente Sanitaria (ACS)

La vivienda mejorada va a tener un equipo mixto de calefacción y ACS. La encargada de realizar esta labor será una caldera de biomasa, EKOGRN Multifuel de 17 kW. La elección de esta caldera se basa en el cálculo de la potencia y en la disponibilidad de materia prima para pellets que tiene la finca en la que se ubica la vivienda. Esta finca tiene una gran extensión y un gran crecimiento de hierba, además en el centro existe un pequeño bosquecillo que también proporciona restos de poda. Por todo lo anterior, se elige esta caldera ya que, además de adecuarse a la estimación de demanda, es válida para quemar todo tipo de pellets: pellets de paja, aglutinantes, astillas de madera, serrín, briquetas, cáscaras de nueces, almendras, huesos de frutos, etc. Esto es posible gracias a su cámara de combustión hecha de acero de alta calidad y cerámica, las calderas convencionales no tienen esta propiedad [37].

Para conseguir que la materia prima, la hierba del terreno y restos de poda, se pueda utilizar en una caldera de biomasa, se ha de reducir el tamaño de granulado. Para ello se instala junto con la caldera una trituradora y una peletizadora, para poder reducir el tamaño de los desechos y convertirlos en pellets.



Figura 25. Peletizadora PLT50 [38].



Figura 26. Molino WOODSTOCK 3PH [38].

Las calderas de biomasa necesitan un cuarto de calderas que posea aberturas de ventilación al exterior, una salida de humos, en forma de chimenea, por ejemplo, y conexión eléctrica con toma de tierra. Se exige para estas salas una altura mínima de 2,5 m y un acceso propio desde el exterior [34].

En la vivienda mejorada se instala un caseto adjunto donde se localizará la caldera, la peletizadora y la trituradora. Además, se aprovecha este espacio

como almacén tanto para la materia prima, en un habitáculo rectangular en el lado Sur, como para los pellets almacenados en un silo.

Es recomendable dejar una distancia frontal de 1 m en la caldera. La distancia entre la caldera y el resto de los elementos ha de ser, según la guía técnica de instalación del Ministerio de Industria, como mínimo de 50 cm, aunque es aconsejable dejar una distancia mayor, entorno a los 80 cm. Este aumento de la distancia también facilitará las tareas de inspección y mantenimiento [34].

Resumen de la demanda eléctrica

Al igual que con la vivienda básica, para estudiar la demanda eléctrica de la vivienda mejorada se estudian dos periodos diferenciados, el frío y el cálido. En la siguiente tabla se muestran la potencia y demanda total para ambos periodos a modo resumen, la tabla completa se encuentra en el ANEXO III. Demanda eléctrica diaria.

Tabla 2. Tabla resumen de potencia y demanda total de la vivienda básica

	Potencia Total (kW)	Demanda total (kWh)
Periodo frío	30,84	26,97
Periodo cálido	30,84	19,47

En cuanto al suministro eléctrico de la vivienda mejorada, esta se encuentra desconectada de la red eléctrica del pueblo de San Martín de Valdelomar. Para alimentar la vivienda eléctricamente hablando se han dispuesto 34 módulos solares fotovoltaicos Risen de 405 W, monocristalino y con 144 celdas. Estas placas tienen un tamaño de 2015×996×40 mm [34].



Figura 27. Módulos solares fotovoltaicos Risen [34].

Estos 34 módulos se colocan en el tejado de la vivienda mejorada. Para ello se ha diseñado un tejado de dos aguas con una inclinación de 33° , ya que la inclinación adecuada para los paneles fotovoltaicos es 10° menos que la latitud en la que se encuentran (véase Figura 28) [21].

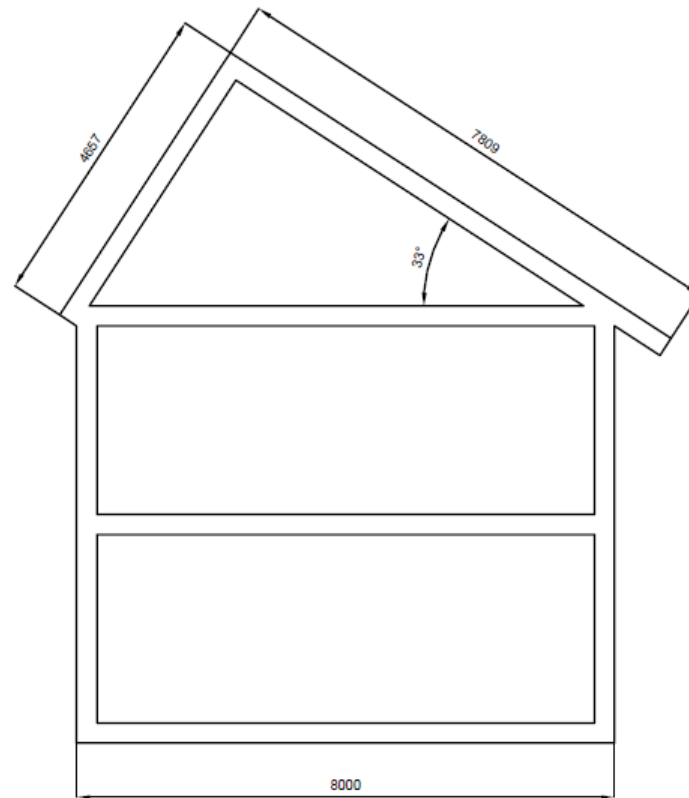


Figura 28. Perfil de la vivienda.

Los paneles se distribuyen en el tejado como se muestra en el ANEXO I. Planos. A continuación, se muestra un detalle de la distribución de los paneles sobre el tejado (véase Figura 29).

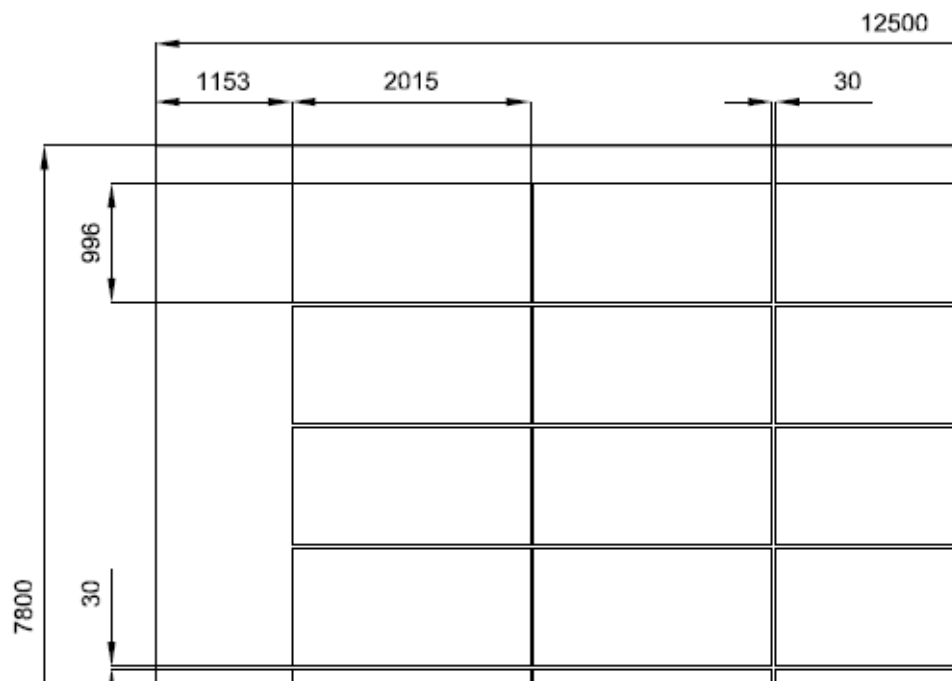


Figura 29. Detalle de la distribución de los paneles sobre el tejado.

Para poder colgar los paneles se necesita una estructura que los soporte, en este caso se ha utilizado 7 Estructuras Alu Tejado Perforante 5 paneles [39].



Figura 30. Estructura Alu Tejado Perforante 5 paneles [39].

Para proporcionar un correcto funcionamiento de los paneles durante su vida es necesario realizar limpiezas con cierta frecuencia. Para ello se puede utilizar una pértiga telescópica, desde los pasillos a los laterales o desde una escalera en el suelo.

Además de los paneles, la instalación fotovoltaica necesita para su correcto funcionamiento:

- Inversor: es el aparato encargado de transformar la corriente continua en corriente alterna, esto es necesario porque el consumo doméstico es en corriente alterna. El encargado de realizar esta labor en la vivienda mejorada será el inversor Fronius SYMO 20.0-3-M [40].
- Regulador: este componente es necesario en instalaciones aisladas y es el encargado de gestionar la energía entre paneles, baterías y cargas. En este caso se utilizará un regulador Victron Energy Blue Power MPPT RS SmartSolar aislado 450|200 [41].
- Baterías: dado que la vivienda mejorada se encuentra desconectada de la red es necesaria la implantación de un sistema encargado de almacenar la energía que sobra en los momentos de baja demanda para poder ser utilizada cuando el sistema fotovoltaico no puede producir energía. Las baterías utilizadas para este fin son las SPzS Solar SIGMA, concretamente el modelo: "Batería Estacionaria 48V - Sigma 10 SPZS 1750 (24 Vasos) C120 - 1750 Ah [42].

Tanto el inversor, como el regulador y las baterías se dispondrán en el caseto adjunto con el que cuenta la vivienda mejorada.

Arquitectura bioclimática

La vivienda mejorada se basa en la arquitectura bioclimática. Trata de conseguir una temperatura en el interior, que se mantenga lo más estable posible.

La utilización de una correcta orientación, de unos muros y aislamientos apropiados, y una correcta elección de puertas y ventanas, así como su ubicación colaboran en esta misión.

Se colocan dos sombreadores exteriores en la fachada A (orientación Sur) en forma de marquesina de madera [34] con parras (véase Figura 31). Se eligen parras como vegetación para los sombreadores porque son plantas de hoja caduca. Esto quiere decir que durante el periodo cálido tendrán hojas y darán sombra y durante el periodo frío sus hojas desaparecerán, dejando pasar la luz del sol.



Figura 31. Marquesina de madera [34].

Además de lo anteriormente mencionado, la vivienda mejorada cuenta con unos muros Trombe situados en la fachada A (orientación Sur), en la primera planta, ocupando el hueco disponible que dejan las ventanas.

Consideraciones a tener en cuenta en el muro Trombe [43]:

- Se necesita un muro de gran inercia térmica. Para ello se cubre el muro con pizarra negra, para así captar una mayor radiación.
- El área acristalada será de cristal doble con una cámara de aire en el interior.
- Entre el muro recubierto con pizarra y el área acristalada existe un espacio. En este espacio se concentran las mayores temperaturas debidas al efecto invernadero.
- Se coloca un alero en esta fachada como protección por si en algún momento se precipita algún cuerpo en el muro y el área acristalada.
- Por último, el sistema consta de 4 orificios y sus válvulas. Dos de estos orificios se localizan en la parte superior, uno interior y otro exterior, y los otros dos en la parte inferior, uno interior y otro exterior (véase Figura 32 y Figura 33).

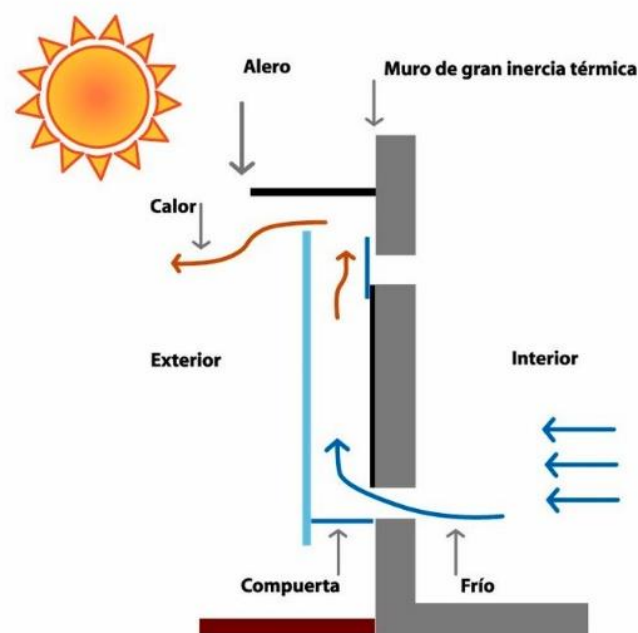


Figura 32. Funcionamiento de muro Trombe en verano [43].

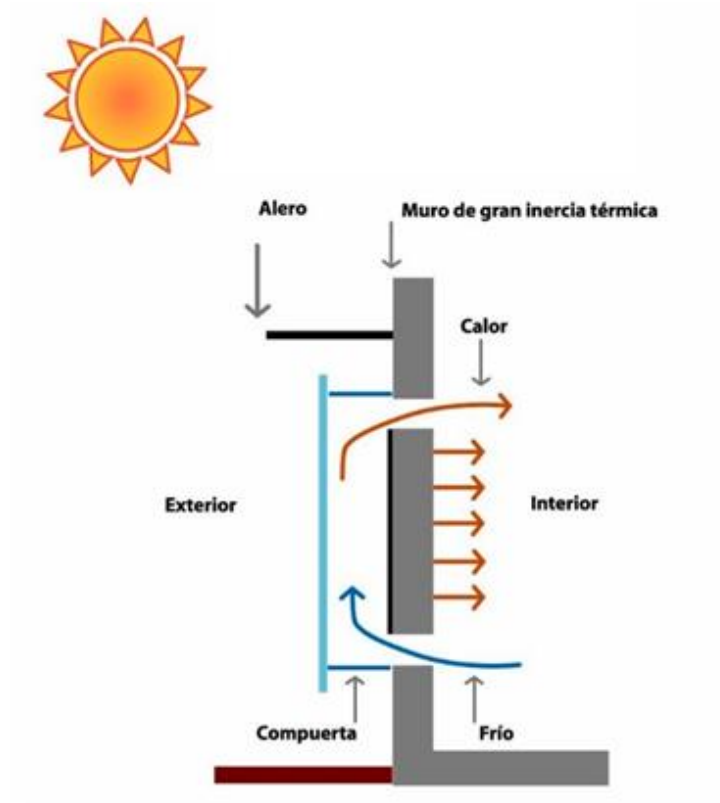


Figura 33. Funcionamiento de muro Trombe en invierno [43].

5 CÁLCULOS

En este apartado se presentan todos los cálculos realizados en este trabajo. Estos cálculos incluyen:

- Para la vivienda básica se ha realizado el cálculo de la demanda de gasoil y eléctrica, y los cálculos referentes a la acometida a la red eléctrica, así como los costes de los elementos que difieren entre la vivienda básica y la mejorada.
- Para la vivienda mejorada se ha realizado los cálculos referentes a la instalación fotovoltaica y a la producción necesaria de biomasa, así como los costes de los elementos que difieren entre la vivienda mejorada y la básica.

También se han calculado para las dos viviendas todos los costes asociados a las instalaciones y elementos exclusivos de cada una de las viviendas. Es decir, se incluyen por ejemplo los gastos de los muros exteriores o puertas y ventanas de ambas viviendas porque son distintos, sin embargo, no se ha calculado el coste de la estructura o de las instalaciones que son iguales para ambas viviendas.

El objetivo de esto es poder establecer una comparación entre las dos alternativas que tenga en cuenta la diferencia en la inversión inicial, así como la diferencia en el coste del consumo energético. Con ello se podrá realizar un análisis económico de ambas opciones y analizar la rentabilidad de la vivienda mejorada respecto a la básica.

5.1 VIVIENDA BÁSICA

A continuación, se pueden ver todos los cálculos que se han realizado en referencia a la vivienda básica. Estos cálculos comprenden el cálculo de la demanda de la caldera de gasóleo-C, los cálculos asociados a la realización

de la acometida y todos los costes de fabricación y demanda que son significativamente distintos de los de la vivienda mejorada.

5.1.1 Demanda de Gasóleo-C

La caldera de Gasóleo-C, de la marca BAXIROCA, modelo Gavina GTI 30, ha sido seleccionada porque se dispone de datos experimentales de esta misma caldera, que es la instalada en la vivienda de referencia.

Los datos obtenidos de la recarga de Gasóleo-C de la vivienda de referencia se encuentra en el ANEXO II. Consumo de Gasóleo - C de la vivienda de referencia.

Con estos datos, se ha realizado un análisis del consumo de Gasóleo - C asociado a la estacionalidad, dividiendo el año en dos periodos (véase Figura 34):

- Periodo cálido: se corresponde con el periodo en el que el clima es más caluroso. Se llama periodo cálido a los meses de: marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre.
- Periodo frío: se corresponde con el periodo de invierno, en el que el clima es más frío. Este periodo incluye los meses de: diciembre, enero y febrero.

En las siguientes tablas, se puede ver el consumo de gasoil asociado a cada periodo:

Tabla 3. Consumo en el periodo cálido.

Factura	Días	Litros	Consumo al día (L/día)
dic-05	195	500	2,6
dic-06	277	500	1,8
nov-08	224	400	1,8
dic-09	315	500	1,6
oct-10	255	500	2,0
sep-11	240	500	2,1
oct-12	248	500	2,0
nov-13	229	500	2,2
dic-15	288	600	2,1
ene-18	272	500	1,8
nov-18	298	500	1,7

Tabla 4. Consumo en el periodo frío.

Factura	Días	Litros	Consumo al día (L/día)
mar-06	70	499	7,1
abr-07	137	500	3,6
feb-09	84	700	8,3
feb-10	59	500	8,5
ene-11	92	500	5,4
feb-12	144	500	3,5
mar-13	149	500	3,4
feb-15	147	500	3,4

Si se divide el consumo de cada periodo entre los meses que dura, y se representa gráficamente, se puede observar una gran diferencia entre el periodo frío y periodo cálido:

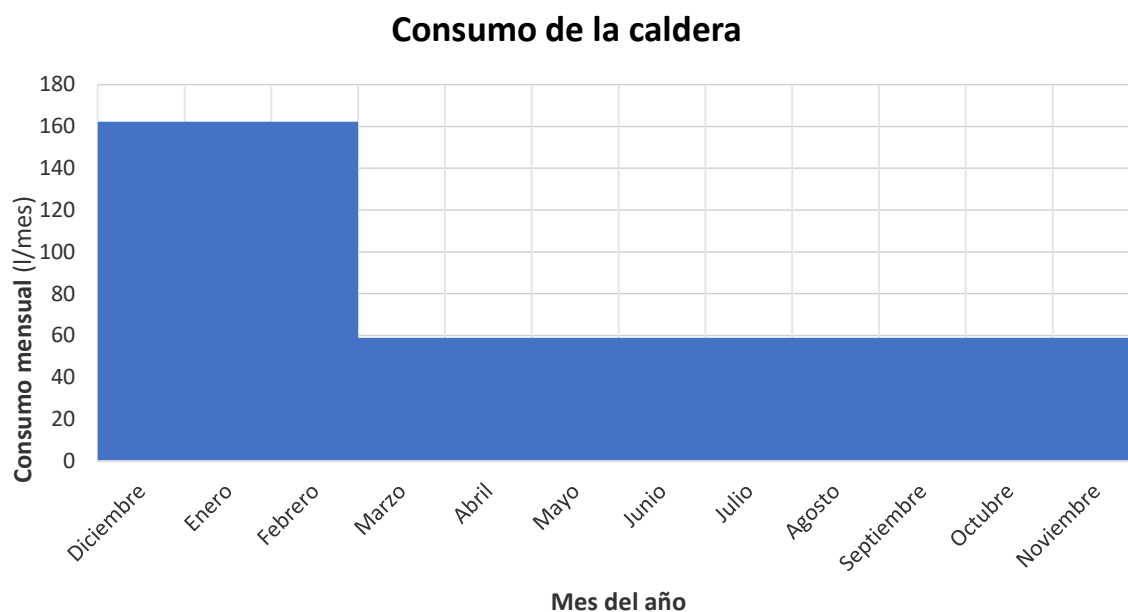


Figura 34. Consumo anual medio de gasoil de la caldera.

El cálculo del coste se puede apreciar en la siguiente gráfica (Figura 35), donde se muestra la media del precio en euros por litro de combustible.

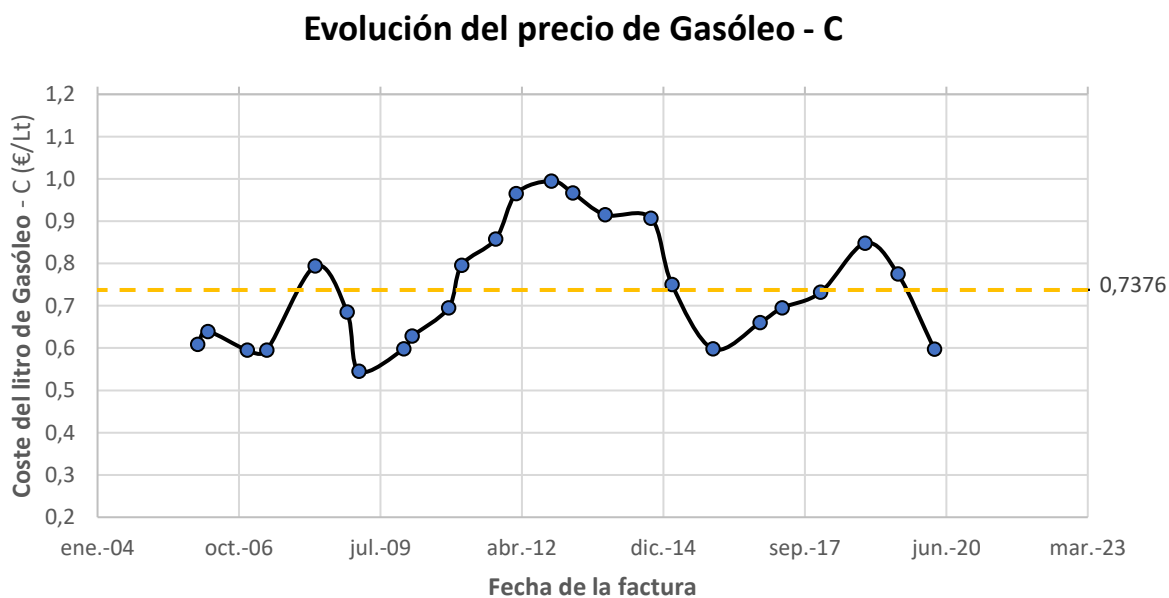


Figura 35. Cálculo de la media del coste de Gasóleo-C.

En esta figura se puede observar que la forma de la curva tiene la misma tendencia que la evolución del precio del barril de Brent (véase Figura 10).

A continuación, se multiplica la media de litros obtenida de cada periodo por la media (€/l) que se acaba de obtener, para así conocer el coste del Gasóleo-C a lo largo de un año.

Tabla 5. Coste estimado de Gasóleo-C a lo largo de un año

	Media de Litros (L)	Media Coste del litro (€/L)	Importe
Periodo cálido	500,0	0,7376	368,81 €
Periodo frío	524,9	0,7376	387,16 €
TOTAL			755,97 €

La demanda de Gasóleo – C a lo largo de un año es de aproximadamente 1000 L. Por ello, el depósito que se elige utilizar para la vivienda básica es uno de 1000 L, para evitar tener que rellenar el depósito más de una vez al año.

5.1.2 Demanda de electricidad

Los valores de demanda eléctrica que se utilizan de partida en este trabajo son datos experimentales de la vivienda de referencia, la tabla completa se encuentra en el ANEXO IV. Consumo eléctrico de la vivienda de referencia.

A continuación, en la Figura 36 y la Figura 37 se encuentran los consumos de energía para cada uno de los periodos en los que se ha dividido el año.

Evolución del consumo eléctrico en un día para el periodo cálido

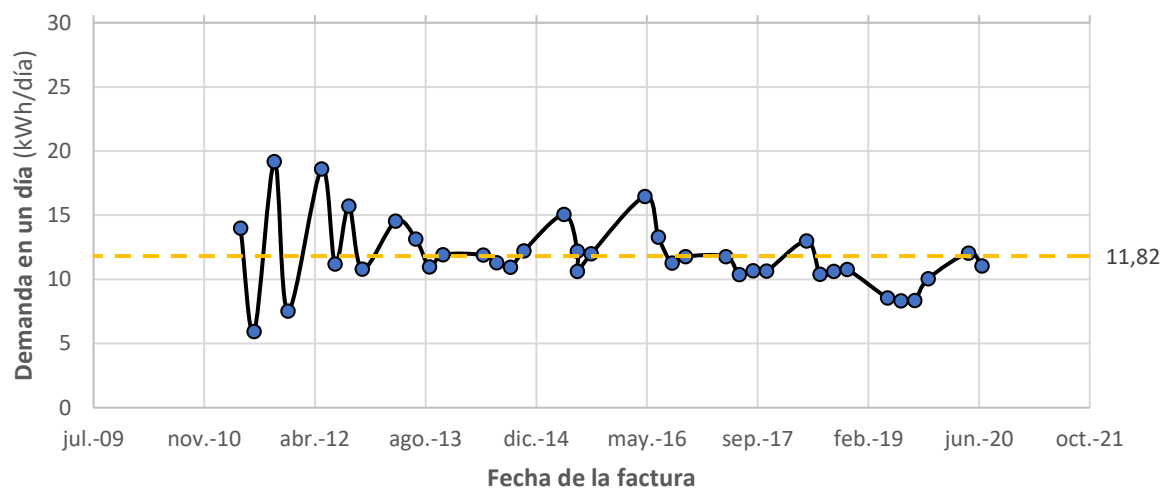


Figura 36. Consumo de energía durante el periodo cálido.

Evolución del consumo eléctrico en un día para el periodo frío

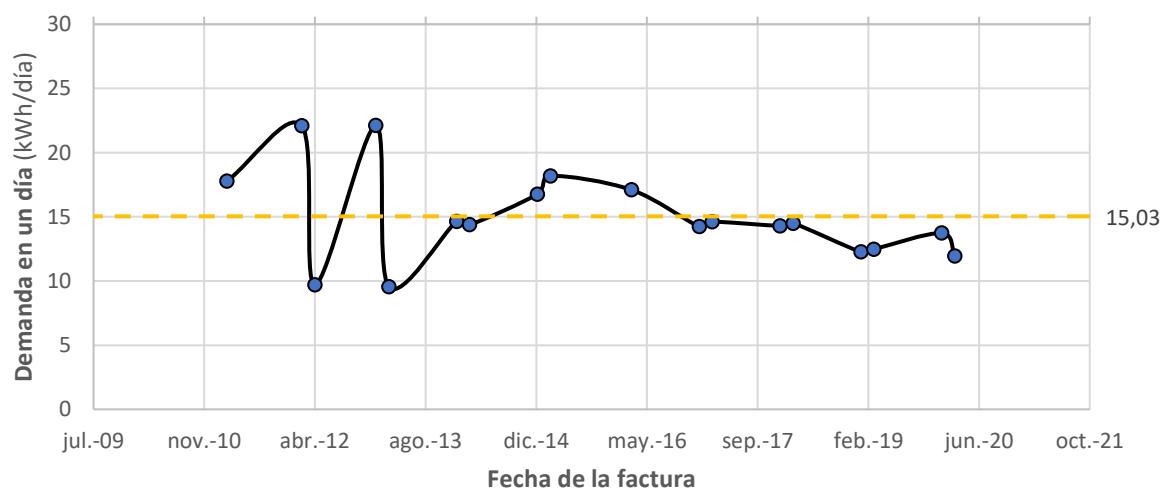


Figura 37. Consumo de energía durante el periodo frío.

A continuación, se calculará la media, el máximo y el mínimo de los valores obtenidos para ambos periodos:

Tabla 6. Cálculo de la media, máxima y mínima de Energía en los periodos cálido y frío.

	Consumo en un día periodo cálido (kWh/día)	Consumo en un día periodo frío (kWh/día)
Media	11,82	15,03
Máximo	19,19	22,12
Mínimo	5,92	9,55

Se puede comprobar que los valores de consumo de la vivienda de referencia se aproximan a la demanda total estimada de la vivienda básica que se encuentra en ANEXO III. Demanda eléctrica diaria.

El precio (€/kWh) se ha obtenido de las facturas de la vivienda de referencia. Para obtener este valor se ha dividido el importe total de la factura (incluyendo el término de energía, potencia y alquileres de equipo) entre los kWh consumidos por la misma vivienda. A continuación, se muestran los valores de ambos periodos:

Evolución del precio de la electricidad

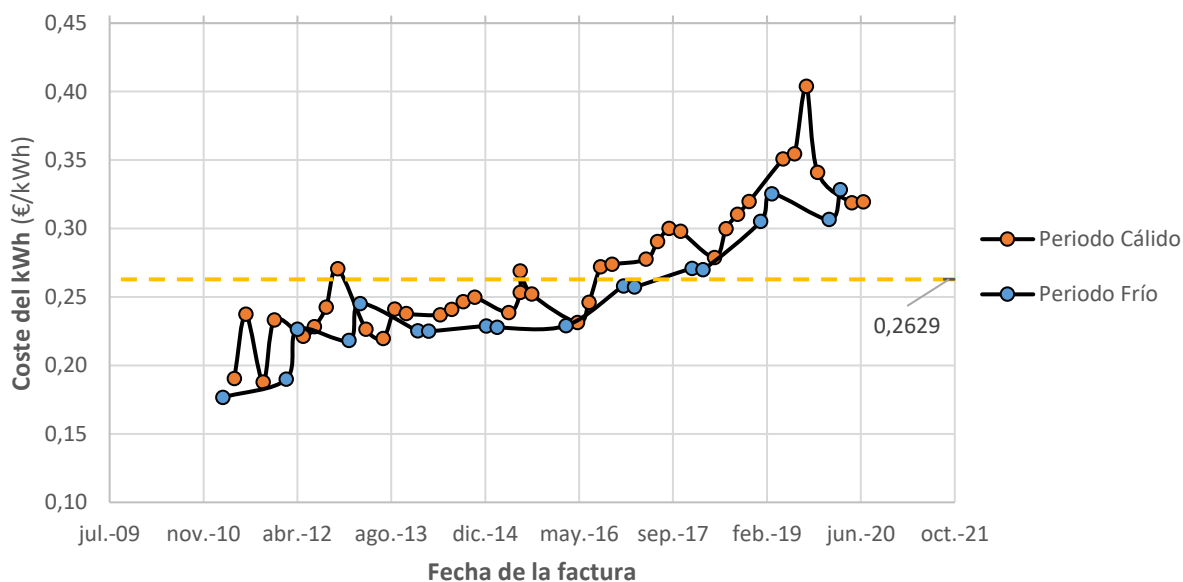


Figura 38. Precio del kWh a lo largo de los años en el periodo cálido y frío.

Si se calcula la media de estos valores se obtiene un valor de 0,2629 €/kWh. Una vez obtenida la media del coste de la energía eléctrica en un día, se multiplica en cada periodo la energía del periodo en un día por el número de días de dicho periodo y por el precio.

Tabla 7. Coste total debido al consumo de energía eléctrica.

	Demanda en un día (kWh/día)	Días	Coste del kWh (€/kWh)	Importe
Periodo frio	15,02	90	0,2629	355,51 €
Periodo caliente	11,82	275	0,2629	854,74 €
TOTAL				1210,25 €

5.1.3 Acometida eléctrica

Las canalizaciones para la alimentación eléctrica transcurren, según el Reglamento de Baja Tensión, por terrenos de dominio público, en zonas perfectamente delimitadas y preferentemente bajo las aceras. El trazado ha de ser lo más recto posible y, si es factible, debe transcurrir de forma paralela a referencias fijas (fachadas, bordillos, etc.) [44].



Figura 39. Acometida de la vivienda básica.

La acometida de la vivienda básica va a ser subterránea. Para las líneas subterráneas se utilizan cables de cobre o de aluminio con aislamientos de mezclas apropiadas de compuestos poliméricos. Es importante que estas líneas estén protegidas de forma correcta contra la corrosión que puede provocar el terreno. También han de tener la suficiente resistencia mecánica para soportar los esfuerzos a los que pudieran verse sometidas [44].

En cuanto a los cables, estos podrán ser de uno o más conductores, con una tensión asignada que no puede ser inferior a 0,6/1 kV. Las secciones se calculan teniendo en cuenta la intensidad y caída de tensión previstas. Estas secciones no serán inferiores a 6 mm², si se trata de conductores de cobre y 16 mm² en el caso de conductores de aluminio [44].

Ahora se va a dimensionar la acometida eléctrica. La línea de acometida deberá tener una longitud de 352,12 m (dato obtenido del plano). Una vez definida la longitud, se debe obtener la sección mínima necesaria para la línea. Esta línea tiene las siguientes características:

- Potencia requerida por la vivienda: $P = 22981 \text{ W}$.
- Tensión: $U = 400 \text{ V}$ (trifásica).
- $L = 352,12 \text{ m}$.
- Factor de potencia: $\cos(\varphi) = 0,9$ [44]

Para obtener la sección mínima necesaria para la línea primero se debe calcular la intensidad que circula por ella:

$$(1) \quad I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos(\varphi)}$$

Ahora, se sustituye con los valores de la vivienda básica (1):

$$I = \frac{22981}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,9} = 36,86 \text{ A}$$

El conductor que se ha elegido es el cable Al Voltalene Flamex CPRO (S). Este cable posee un conductor de aluminio y un aislamiento termoestable XLPE tipo DIX3 [45].

El sistema de instalación que se ha decidido utilizar es enterrado bajo tubo, con una caída máxima de tensión admisible: $\Delta U = 5 \%$ [44].

Para calcular la sección de la línea se va a utilizar primero el criterio de la intensidad admisible. La menor sección que soporta la intensidad es $1 \times 16 \text{ mm}^2$ (véase Figura 40), siendo la intensidad máxima admisible enterrada de 58 A.

NÚMERO DE CONDUCTORES x SECCIÓN mm ²	ESPESOR DE AISLAMIENTO mm (1)	DIÁMETRO SOBRE AISLAMIENTO mm (1)	DIÁMETRO EXTERIOR mm (1)	PESO kg/km (1)	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR a 20 °C Ω /km	INTENSIDAD ADMISIBLE AL AIRE (2) A	INTENSIDAD ADMISIBLE ENTERRADO TRIFÁSICA (3) A	INTENSIDAD ADMISIBLE (CORRIENTE CONTINUA) ENTERRADO (4) A	CAÍDA DE TENSIÓN V/A km (2)	
									$\cos \phi = 1$	$\cos \phi = 0,8$
1 x 16	0,7	6,1	8,3	85	1,91	76	58	70	4,15	3,42
1 x 25	0,9	7,7	9,9	124	1,2	91	74	89	2,62	2,19
1 x 35	0,9	8,6	10,8	153	0,868	114	90	107	1,89	1,6
1 x 50	1	10,1	12,5	200	0,641	140	107	126	1,39	1,21
1 x 70	1,1	11,9	14,5	265	0,443	180	132	156	0,97	0,86
1 x 95	1,1	13,8	15,8	340	0,32	219	157	185	0,7	0,65
1 x 120	1,2	15,3	17,4	420	0,253	254	178	211	0,55	0,53
1 x 150	1,4	17	19,3	515	0,206	294	201	239	0,45	0,45
1 x 185	1,6	19,4	21,4	645	0,164	337	226	267	0,36	0,37
1 x 240	1,7	22,1	24,2	825	0,125	399	261	309	0,27	0,3
1 x 300	1,8	24,3	26,7	1035	0,1	462	295	349	0,22	0,26

(1) Valores aproximados

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C)

(3) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K·m/W.

(4) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K m/W. Corriente continua.

Figura 40. Datos técnicos de conductores. Imagen extraída de [45].

Lo siguiente que se va a hacer es calcular la sección mínima admisible mediante el criterio de la caída de tensión [45]. Para calcular la sección de un cable por este criterio se debe tener en cuenta el efecto de la reactancia, especialmente cuando se trate de secciones grandes [46]:

- Cobre: $S_{Cu} > 25\text{mm}^2$
- Aluminio: $S_{Al} > 70\text{mm}^2$

Para obtener la sección se aplica la siguiente fórmula [45]:

$$(2) \quad S = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos(\varphi)}{\gamma(\Delta U - \sqrt{3} \times 10^{-3} \times x / n \times L \times \sin(\varphi))}$$

Donde:

S: es la sección del conductor en mm^2 .

$\cos(\varphi)$: donde φ es el ángulo entre la tensión de fase y la intensidad.

L: es la longitud de la línea en metros.

I: es la intensidad de la corriente en amperios.

γ : es la conductividad del conductor en $\text{m}/\Omega \text{mm}^2$.

ΔU : es la caída de tensión máxima admisible en voltios.

x: es la reactancia de la línea en Ω/km .

n: es el número de conductores por fase.

Lo primero se calculará la caída de tensión máxima admisible, que equivale al 5% de la tensión [46]:

$$\Delta U = 0,05 \times 400 = 20 \text{ V}$$

Para la conductividad, se toma el valor más desfavorable, por ello se utiliza el valor cuando la temperatura es la máxima posible (90 °C), lo que supone un $\gamma = 27,8 \text{ m} / \Omega \cdot \text{mm}^2$ (véase Figura 41).

MATERIAL	DISTANCIA ENTRE CONDUCTOS (a)		
	20 °C	TERMOPLÁSTICOS 70 °C	TERMOESTABLES 90 °C
Cobre	58,0	48,5	45,5
Aluminio	35,7	29,7	27,8

Figura 41. Valores de γ a considerar. Imagen extraída de [45].

Si se considera la reactancia (x) como un valor constante de valor 0,08 Ω/km [46], este valor se puede considerar de forma indiferente bien sea un tendido: monofásico o trifásico, con conductor de cobre o aluminio, con sección grande o pequeña, etc.

Se supone que la línea solo tiene un conductor por fase, $n=1$.

$$S = \frac{\sqrt{3} \times 352,12 \times 36,86 \times 0,9}{27,8 \times (20 - \sqrt{3} \times 10^{-3} \times 0,08 / 1 \times 352,12 \times 0,436)} = 36,43 \text{ mm}^2$$

Esto da una sección mínima de 36,43 mm^2 . Por lo que se necesita una sección de 1×50 mm^2 (véase Figura 40), con una intensidad máxima admisible de 126 A. Como se trata de una instalación trifásica se necesitan 3 fases.

A continuación, se comprueba la Intensidad máxima admisible para cables con conductores de aluminio en instalación enterrada de servicio permanente en la tabla 4 del reglamento de Baja Tensión [44].

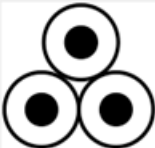



Sección nominal mm ²	Terna de cables unipolares			1 cable tripolar o tetrapolar		
						
						
	Tipo de aislamiento					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	97	94	86	90	86	76
25	125	120	110	115	110	98
35	150	145	130	140	135	120
50	180	175	155	165	160	140
70	220	215	190	205	220	170
95	260	255	225	240	235	210
120	295	290	260	275	270	235
150	330	325	290	310	305	265
185	375	365	325	350	345	300
240	430	420	380	405	395	350
300	485	475	430	460	445	395
400	550	540	480	520	500	445
500	615	605	525	—	—	—

Figura 42. Intensidad máxima admisible (A) para cables con conductores de aluminio en instalación enterrada (servicio permanente) [44].

La sección mínima del neutro depende del número de conductores con los que se haga la distribución:

- Con dos o tres conductores: la sección el neutro es igual a la de los conductores de fase.
- Con cuatro conductores: la sección del neutro será como mínimo la de la tabla 1 del Reglamento de Baja Tensión [44].

Conductores fase (mm ²)	Sección neutro (mm ²)
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Figura 43. Sección mínima del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase [44].

En este caso cada fase tiene 50 mm², por lo que el tamaño del neutro será de 25 mm².

Los cables van a ser enterrados en una zanja en el interior de tubos.

Se instalará un circuito por tubo. La relación entre el diámetro interior del tubo y el diámetro aparente del circuito tiene que ser superior a 2, pudiéndose aceptar excepcionalmente 1,5 [44]. Se llevarán a cabo diferentes correcciones dependiendo de la situación [44]:

- Línea con cable tripolar o con una terna de cables unipolares en el interior de un mismo tubo: se aplica un factor de corrección de 0,8.
- Línea con cuatro cables unipolares situados en sendos tubos: se aplica un factor de corrección de 0,9.
- Agrupación de tubos, el factor dependerá del tipo de agrupación y en cada caso se estudiará de forma individual.
- Canalizaciones de bajo tubos en las que no superen los 15 m, si se rellena el tubo con aglomerados especiales no se aplicará el factor de corrección de intensidad.

Para esta situación se ha utilizado un tubo de 160 mm² por el que discurrirán las tres fases y el neutro.

5.1.4 Costes

En este apartado se calculan los costes asociados a la construcción de los muros, puertas y ventanas, la caldera de gasoil, consumo y acometida eléctrica de la vivienda básica. Como se ha comentado anteriormente, únicamente se va a tener en cuenta los gastos que suponen un cambio entre las dos viviendas.

Muros

En la vivienda básica, los muros exteriores tienen 15 cm de espesor y la composición de su muro es de 1/2 pie de fábrica de ladrillo.

El precio aproximado de este tipo de muro es de 21,20€/m², este precio incluye los materiales, la mano de obra y el desplazamiento de los trabajadores. Presupuesto obtenido de [35].

El interior de la vivienda básica tiene un aislamiento de EPS de 5 cm. Su precio (incluyendo todos los costes, como se indica en el párrafo anterior) es de 7€/m².

En la siguiente tabla se ven los costes totales asociados a los muros:

Tabla 8. Costes de los muros de la vivienda básica.

Concepto	Precio por metro cuadrado (€/m ²)	Superficie (m ²)	Importe
1/2 pie de fábrica de ladrillo	21,20	200	4.240,00 €
Aislamiento EPS de 5cm	7,00	200	1.400,00 €
19%			1.071,60 €
TOTAL			6.711,60 €

Puertas y ventanas

La vivienda básica tiene una puerta metálica de espuma de poliuretano de 90×210 cm cuyo precio es 389 € y un total de 14 ventanas con un precio unitario de 195 €.

En la siguiente tabla se pueden ver los costes totales asociados a la puerta y las ventanas:

Tabla 9. Costes de puertas y ventanas de la vivienda básica.

Concepto	Cantidad (Ud.)	Precio (€)	Importe
Puerta metálica 2 cuadro gris	1	389,00	389,00 €
Ventana de aluminio con persiana corredera de 140x135cm	14	195,00	2.730,00 €
TOTAL			3.119,00 €

Caldera de gasoil

La caldera de la vivienda básica para cubrir las necesidades calefacción y ACS es la caldera Gasóleo-C Gavina GTI 30. Su precio en el mercado es de 2.227,14 €. Además, se emplea un depósito para almacenar el Gasóleo-C cuyo precio en el mercado es 595€ [34].

Acometida eléctrica

En este apartado se va a calcular cuánto cuesta conectar la vivienda básica a la red eléctrica. Para ello se ha realizado un trazado siguiendo la normativa vigente cuya longitud es de 352,12 m. En la Tabla 10 se detallan los diferentes costes para realizar la zanja, así como para taparla y los materiales utilizados.

Tabla 10. Coste de la acometida de la vivienda básica.

Concepto	Cantidad (m³)	Precio (€/m³)	Importe
Excavación (anchura 0,6m y profundidad 0,9)	190,14	2,95 [47]	560,93 €
Arena	190,14	10,20 [47]	1.939,48 €
Tapado y compactación de zanja 95% protor normal	190,14	2,50 [47]	475,36 €
Concepto	Cantidad (m)	Precio (€/m)	Importe
Tubo de polietileno de 160 mm de diámetro	352,12	5,40 [47]	1.901,45 €
Cinta señalizadora	352,12	0,35 [47]	123,24 €
Concepto	Cantidad (m)	Precio (€/1000m)	Importe
3 Cable Al Voltalene Flamex (S) 50mm²	352,12	1218,00 [48]	1.286,65 €
1 Cable Al Voltalene Flamex (S) 50mm²	352,12	701,00 [48]	246,84 €
TOTAL			6.533,94 €

5.2 VIVIENDA MEJORADA

A continuación, se pueden ver todos los cálculos que se han hecho en referencia a la vivienda mejorada. Estos cálculos comprenden los cálculos asociados a la instalación fotovoltaica y de biomasa y todos los costes de fabricación y consumo que sean significativamente distintos de los de la vivienda básica.

5.2.1 Instalación fotovoltaica

En este apartado se va a dimensionar una instalación de energía solar fotovoltaica aislada de la red. Se debe realizar un buen dimensionamiento de la misma para asegurar el abastecimiento eléctrico en cualquier situación. Sin embargo, no debe estar sobredimensionada, ya que esto

incrementaría demasiado el coste económico. Si la instalación está sobredimensionada, se tendrá que realizar una inversión inicial mayor que aumentaría el tiempo de amortización, por lo que la instalación fotovoltaica ha de ser acorde con la vivienda que se está tratando, así como con la demanda de la misma, teniendo en cuenta que en los periodos muy soleados se almacenará parte de la energía en baterías.

El primer paso para el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica es el cálculo de la demanda eléctrica estimada en un día. Se calculará la demanda diaria para el periodo frío, que es en el que mayor demanda se va a tener. En el ANEXO III. Demanda eléctrica diaria, se muestra el cálculo estimado de la demanda eléctrica diaria para el periodo frío.

Se ha estimado una demanda total por día del periodo frío:

$$(C_{tdf}) = 26.970 \text{ Wh/día}$$

Se utiliza el cálculo para el periodo frío dado que es el más restrictivo. Esto es debido a que durante los días del periodo frío la demanda es mayor a causa la mayor utilización de la caldera, tanto para la calefacción como para el ACS. Se ha de tener en consideración que el gasto para calefacción es mayor en proporción al gasto en ACS.

La demanda calculada anteriormente no considera las diferentes pérdidas del proceso por lo que se utilizara un rendimiento de partida aproximado del 80% [49].

Si se aplica este rendimiento a la demanda estimada que se ha obtenido anteriormente, se obtendrá la energía total necesaria:

$$(3) \quad E_{tn} = C_{tdf} / \text{Rendimiento}$$

Si se sustituye en (3), se obtiene que:

$$E_{tn}=26.970 / 0.80 = 33.713 \text{ Wh/día}$$

Este resultado, *33.713Wh/día*, es el valor necesario para abastecer la demanda que se ha previsto.

En el segundo paso del dimensionamiento, se ha de atender a la radiación solar disponible. Para ello se utiliza la aplicación llamada Photovoltaic Geographical Information System – European Commission, Joint Research Center (PVGIS) [50], que se trata de una aplicación gratuita y de libre acceso. A través de esta aplicación se pueden obtener los siguientes datos:

- El potencial fotovoltaico para distintas configuraciones y tecnologías, estén o no conectadas a la red.
- La radiación solar y temperatura. En forma de valor promedio mensual o como perfiles diarios.
- La serie completa de los valores de rendimiento fotovoltaico y de radiación solar a lo largo de las horas.
- Los datos típicos del año meteorológico para nueve variantes climáticas.
- Mapas divididos en países o regiones de los recursos solares y los potenciales fotovoltaicos disponibles para imprimir.
- El software PVMAPS contiene todos los modelos de estimación que se utilizan en PVGIS.

En el ANEXO V. Irradiación global con el ángulo óptimo 2005-2016, se encuentra la irradiación global con el ángulo óptimo para ese periodo de años, obtenida mediante la aplicación PVGIS.

A continuación, se va a calcular la irradiación global media con el ángulo óptimo para el periodo de 2005 a 2016, para así partir de un valor de irradiación global más representativo. Se muestran los resultados obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 11. Irradiación global media con el ángulo óptimo para cada mes.

Mes	Media (kWh/m²mes)
Enero	75,90
Febrero	96,85
Marzo	156,83
Abril	184,85
Mayo	213,38
Junio	221,46
Julio	252,30
Agosto	241,77
Septiembre	199,74
Octubre	154,03
Noviembre	86,11
Diciembre	85,43

El siguiente paso es calcular las Horas Solar Pico (HSP). Las HSP, son un parámetro muy utilizado que permite un cálculo directo de la generación fotovoltaica.

Las HSP se definen como las horas durante las cuáles se tiene una radiación generada por un "Sol" ficticio que sólo emite a 0 o 1.000 W/m². Es de gran utilidad expresar la radiación solar como horas asociadas a una irradiancia de 1.000 W/m², ya que es la irradiancia asociada a las condiciones estándar de medida y a la potencia pico que los fabricantes indican para sus paneles.

Para calcular las horas de sol pico, se ha de dividir la irradiación global para el ángulo óptimo que se obtiene para el mes más restrictivo entre el número

de días del mes y entre la radiación solar incidente que se utilizara para calibrar los módulos (1 kW/m^2). Por tanto:

$$(4) \quad HSP = \text{Irradiación Global Media Enero} / (1 \text{ kW/m}^2 \times \text{Días de Enero})$$

Sustituyendo en (4), se obtiene el número de horas de sol pico de:

$$HSP = 75,90 / (1 * 31) = 2,45$$

Seguidamente se calcula la potencia pico de la instalación como:

$$(5) \quad P_{pico} = E_{tn} / HSP$$

$$P_{pico} = 33.713 / 2,45 = 13.770 \text{ Wp}$$

Se ha seleccionado un panel fotovoltaico de la marca Risen con las siguientes características principales [34]:

Tabla 12. Características del panel seleccionado.

Panel fotovoltaico	
Marca	Risen
Modelo	RSM144-6-405M
Largo (mm)	2.015
Ancho (mm)	996
Potencia (Wp)	405
VOC (STC) (V)	48,75
ISC (STC) (A)	10,6
VMPP (STC) (V)	40,55
IMPP (STC) (A)	10,0
Rendimiento del módulo (%)	20,2
Coeficiente de tensión (VOC) (%/° C)	-0,29
Coeficiente de intensidad (ISC) (%/° C)	0,05
Coeficiente de potencia (PMAX) (%/° C)	-0,37

Se calcula a continuación el número de paneles fotovoltaicos necesarios para cubrir la demanda estimada:

$$(6) \quad N = P_{pico} / P_{panel}$$
$$N = 13.770 / 405 = 34 \text{ paneles}$$

Al tratarse de una instalación aislada es necesario un regulador de carga. Los paneles Risen 405w de célula partida mono perc se pueden usar junto a los mismos reguladores de carga que los paneles de 72 células. El fabricante recomienda el uso de reguladores MPPT por su mayor rendimiento y para poder aprovechar plenamente las características de la placa de alto rendimiento.

Se pueden usar reguladores PWM con estos paneles en sistemas a 24 y 48 voltios, aunque se debe considerar que la tecnología de estos paneles aumenta ligeramente el voltaje respecto a un panel de 72 células estándar. Se deben revisar los voltajes máximos admisibles por los reguladores PWM y MPPT para un correcto conexionado sin sobrepasar los límites.

A la hora de seleccionar un regulador de carga, es importante la tecnología que se elige:

- Reguladores PWM: se trata de reguladores sencillos que funcionan como un interruptor entre el generador fotovoltaico y la batería. Como ventajas presenta su bajo coste, peso y sencillez; pero como inconveniente, los reguladores PWM implican que la tensión de trabajo del generador fotovoltaico estará limitada por la tensión de la batería.
- Reguladores MPPT: Se trata de dispositivos más sofisticados que permiten “desacoplar” las tensiones de trabajo del generador fotovoltaico y de la batería. Lo que permite al generador trabajar

en su punto MPPT, generando la máxima energía posible. Su uso está especialmente recomendado para instalaciones fotovoltaicas de potencia elevada o cuando se va a trabajar en condiciones de poca irradiancia o temperaturas bajas/altas. Como inconveniente tienen un mayor coste que los PWM.

Se ha seleccionado un regulador MPPT de la marca Victron Energy, las características de este se muestran seguidamente [41]:

Tabla 13. Características del regulador seleccionado.

Regulador MPPT	
Marca	Victron Energy Blue Power
Modelo	MPPT RS SmartSolar aislado 450 200
Tensión de la batería (V)	48
Tensión FV CC máxima (V)	450
Número seguidores MPP	4
Máxima corriente de corto circuito FV (A)	20

Para el correcto funcionamiento de la instalación se ha de calcular el número de paneles que se pueden conectar en serie y en paralelo, estos valores se calculan como muestran estas fórmulas:

$$(7) \quad N_{serie} = V_{max} / V_{oc}$$

$$(8) \quad N_{paralelo} = I_{max} / I_{sc}$$

Sustituyendo los valores pertinentes se obtiene:

$$N_{serie} = 450 / 48,75 = 9,23 \rightarrow 9$$

$$N_{\text{paralelo}} = 20 / 10,6 = 1,89 \rightarrow 1$$

Esto quiere decir que se puede colocar en cada una de las 4 entradas del regulador una cadena en paralelo de 9 paneles en serie cada uno. Como se necesitan 34 paneles se dispondrán en 3 de las entradas una cadena de 9 paneles y en la última entrada una cadena de 7 paneles. La elección de cadenas diferentes es válida debido a al número de seguidores del punto de máxima potencia (MPP) de este controlador, 2.

Tras esto, se va a diseñar la capacidad mínima de las baterías:

$$(9) \quad C_{\text{minbat}} = \frac{\text{Energía demanda } (E_{tn}) \times \text{Días de autonomía}}{\text{Voltaje}_{\text{instalación}} \times \text{Profundidad de descarga de la batería}}$$

El factor más importante para dimensionar las baterías de acumulación es la autonomía de la cual se quiere disponer, para ello se ha de tener en cuenta la cantidad de días que se puede llegar a estar sin insolación como consecuencia de una nubosidad muy densa. Se va a considerar este valor en 4 días.

La profundidad de descarga de una batería es el porcentaje de la capacidad total usada en un ciclo completo de carga o descarga. Existen dos tipos de profundidad de descarga [51]:

- Descargas superficiales: aquellas descargas de entorno al 20% de la capacidad nominal.
- Descargas profundas: aquellas en las que las descargas van del 60% al 80%.

En esta vivienda se tomará para el dimensionamiento un 80%. En electrificación rural la frecuencia de carga de las baterías normalmente se establece en ciclos de 100 h, esto viene indicado por el valor c100 [51]. En esta instalación se utilizará unas baterías con c120 ya que al tener mayor tiempo de descarga la batería entregará más energía.

Sustituyendo todos los datos en (9), se obtiene una capacidad de la batería de:

$$C_{minbat} = (33.713 \times 4) / (48 \times 0,8) = 3.511,72 \text{ Ah}$$

En las instalaciones de energía solar aisladas, se tiene como costumbre utilizar baterías estacionarias, ya que estas están preparadas para las descargas profundas, debido a las condiciones de la climatología [51].

Para este caso, se utilizarán baterías SPzS Solar SIGMA, concretamente el modelo: "Batería Estacionaria 48V - Sigma 10 SPZS 1750 (24 Vasos) C120 - 1750 Ah". Estas baterías poseen una construcción robusta basada en la tecnología de plomo abierto tubular colado bajo presión. Tanto el recipiente como la tapa del elemento están soldados herméticamente y son resistentes a golpes y temperaturas extremas, lo que las hace idóneas para aplicaciones estacionarias. Otra ventaja de estas baterías es que requieren un mantenimiento bajo [42].

Tabla 14. Características de la batería seleccionada.

Baterías	
Capacidad de descarga (%)	80
Voltaje de la batería (V)	48
Capacidad de la batería (Ah)	1.750

Con estos datos ya se puede calcular el número de baterías que se pueden colocar en serie y paralelo:

$$(10) \quad N^{\circ} \text{ baterías en serie} = \text{Voltaje}_{\text{instalación}} / \text{Voltaje}_{\text{batería}}$$

$$(11) \quad N^{\circ} \text{ baterías en paralelo} = C_{\text{minbat}} / \text{Capacidad}_{\text{batería}}$$

Con lo que sustituyendo en (10) y

(11) se obtiene:

$$N^{\circ} \text{ baterías en serie} = 48 / 48 = 1 \text{ batería}$$

$$N^{\circ} \text{ baterías en paralelo} = 3.512,25 / 1.750 = 2 \text{ baterías}$$

Se colocarán por tanto 2 ramas en paralelo, formada cada una por una única batería.

A continuación, se va a dimensionar el inversor, en este dimensionamiento no es necesario que el inversor realice el seguimiento del punto de máxima potencia ya que el regulador se encargara de ello. Se selecciona el inversor atendiendo a la potencia de salida en corriente alterna:

Tabla 15. Características del inversor seleccionado.

Inversor	
Potencia inversor AC (Wp)	17.600
Rendimiento del inversor (%)	97,8

$$(12) \quad P_{\text{inv AC}} = \frac{1,25 \times (PCargasAC)}{\eta_{\text{inversor}}}$$

$$P_{\text{inv AC}} = (1,25 \times 13.770) / 0,978 = 17.602,21 \text{ Wp}$$

Se selecciona para esta instalación el inversor Fronius SYMO 20.0-3-M [40].

Existen dos posibles esquemas para la conexión del inversor:

- Inversor conectado a las baterías: este tipo de conexión se recomienda cuando la corriente que se le pide al inversor supera a la que ofrece el regulador. Un regulador que cumpla estas características tiene un precio más elevado por lo que compensa conectar el inversor directamente a las baterías.
- Inversor conectado al regulador de carga: la ventaja de este tipo de conexión es que exige menos a la batería por lo que esta alargará su vida útil.

Para la instalación el inversor se conectará al regulador de carga dado que es necesario que este haga el seguimiento del punto de máxima potencia. Además, utilizando este tipo de conexión las baterías sufren menos y tienen una vida útil más larga.

5.2.2 Instalación de biomasa

A continuación, se va a dimensionar la caldera de biomasa. Para ello se ha de tener en cuenta las necesidades de calefacción y de ACS.

En primer lugar, se va a calcular la potencia necesaria para la vivienda. Después se escogerá una caldera de biomasa apropiada para este caso concreto; esta caldera ha de poder satisfacer las necesidades en los casos más extremos.

Atendiendo al aislamiento de la vivienda existen tres valores de necesidades de partida diferentes [52]:

- Viviendas bien aisladas: 80 W/m²
- Viviendas con un aislamiento normal: 100 W/m²
- Viviendas mal aisladas o antiguas: 120 W/m²

En este caso concreto, se toma para la vivienda mejorada el valor de 80 W/m² al haberse diseñado la vivienda para que tenga un buen aislamiento, térmicamente hablando.

Para obtener la potencia necesaria para la caldera de biomasa, hay que multiplicar este ratio por el tamaño de la vivienda [52]:

$$Potencia = 80 \times 200 = 16 \text{ kW}$$

Lo siguiente que se ha de tener en cuenta es el cálculo de la potencia necesaria para ACS. Se ha de considerar que una persona consume como media 30 l al día [52]. Estos cálculos son para dimensionar una caldera para una vivienda con cuatro habitantes por lo que la demanda será:

$$Demanda = 30 \times 4 = 120 \text{ l}$$

Por lo que la caldera deberá tener capacidad para calentar 120 l.

Se va a partir de que hay que calentar el agua de 10 °C a 60 °C y que el tiempo de calentamiento del agua es de alrededor de 30 minutos [52]. A continuación, se calcula la potencia necesaria de la caldera utilizando la siguiente formula:

$$(13) \quad P = m \times C_p \times \Delta T$$

Donde:

P: es la potencia necesaria de la caldera en kcal/h.

m: es el caudal másico del agua a calentar:

$$(14) \quad m \text{ (kg/h)} = \rho \text{ (kg/l)} \times \text{Caudal (l/h)}$$

Cp: es el calor específico del agua en kcal/kg·°C

ΔT: el salto térmico que sufre el agua en °C

Por tanto, si se sustituyen los datos en (13) y (14), la potencia será:

$$P = (1 \times 120/0,5) \times 1 \times (60-10) = 12.000 \text{ W} = 12 \text{ kW}$$

Esta potencia vendrá dada por el valor máximo de la potencia de las dos obtenidas anteriormente, en este caso la caldera de la vivienda mejorada tendrá una potencia de 16 kW. Se ha obtenido este dato teniendo en consideración el aislamiento y el tamaño de la vivienda.

Para la vivienda mejorada se ha elegido una caldera EKOGREN Multifuel de 17 kW, que se basa en el cálculo y en la disponibilidad de materia prima para pellets que tiene la finca [37].

En segundo lugar, se calcula la demanda energética de la calefacción. Para ello se ha de tener en cuenta que la caldera funcionara de forma estacional. Se ha considerado un periodo frío de 3 meses, (diciembre, enero y febrero), estos meses suman un total de 90 días. Se consideran 100 días de utilización de la caldera con una media de 10 h al día y una intermitencia del 85%. La demanda estimada de calefacción se calcula mediante la siguiente formula [52]:

$$(15) \quad D_{calef} = P \times \text{horas/día} \times \text{días/año} \times \text{coeficiente de intermitencia}$$

Sustituyendo en (15) y se obtiene que:

$$D_{calef} = 17 \times 6 \times 90 \times 0,85 = 7803 \text{ kWh/año}$$

Para el cálculo de la demanda de ACS se tiene que [52]:

$$(16) \quad D_{ACS} = N^{\circ} \text{ de personas máximo} \times \text{Demanda día} \times N^{\circ} \text{ días} \times C_p \times \Delta T$$

Se sustituyen los datos en (16) y se obtiene una demanda de ACS de:

$$D_{ACS} = 4 \times 30 \times 365 \times 1 \times (60-10) = 2.190.000 \text{ kcal/año}$$

$$D_{ACS} = 2.545,27 \text{ kWh/año}$$

La demanda total será la suma de la demanda de calefacción y la de ACS:

$$(17) \quad D_{total} = D_{calef} + D_{ACS}$$

$$D_{total} = 7803 + 2.545,27 = 10.348,27 \text{ kWh/año}$$

Si el rendimiento de la caldera es del 89% [37], la demanda energética (DE) será:

$$(18) \quad DE = \text{Demanda} / \text{Rendimiento de la caldera}$$

Sustituyendo en (18) se obtiene una demanda energética de:

$$DE = 10.348,27 / 0.89 = 11.627,27 \text{ kWh/año}$$

Por último, se va a calcular el combustible necesario para alimentar la caldera de biomasa que se ha elegido. Para ello se calculará la cantidad de combustible anual que se necesita:

$$(19) \quad Q_{comb} = DE / PCI$$

Donde:

Q_{comb} : es la cantidad de combustible necesaria en un año.

DE: es la demanda energética anual.

PCI: es el poder calorífico inferior del combustible.

Para la vivienda mejorada el combustible que se utiliza es el resultado de la siega del terreno en el que se asienta la vivienda. En este terreno se pueden encontrar diferentes vegetaciones como son ([53], [54]):

- Herniaria scabrida Boiss.
- Artemisia alba (Turra).
- Alyssum alyssoides (L.) L.

- Armería transmontana (Samp.) Lawrence.
- Vulpia ciliata Dumort.
- Vulpia bromoides (L.) Gray.
- Stipa ibérica Martinovsky.

Para el cálculo de la cantidad de combustible, se utilizará el PCI del Switchgrass, dado el elevado parecido al tipo de hierba de la zona.

Biomasa	PCS	PCI	Ref
Orujo de aceituna	25.282 ± 195	23.387	Este trabajo
Poda de Olivo	21.377 ± 26	19.903	Este trabajo
Orujo de uva blanca	22.046 ± 140	20.580	Este trabajo
Orujo de uva tinto	21.570 ± 77	20.170	Este trabajo
Escobajo uva tinto	18.801 ± 120	17.671	Este trabajo
Poda de Vid	19.396 ± 24	18.227	Este trabajo
Rastrojo de Maíz	18.243 ± 164	17.154	Este trabajo
Rastrojo de Sorgo	17.917 ± 87	16.711	Este trabajo
Rastrojo de Trigo	17.663 ± 719	16.486	Este trabajo
Rastrojo de Cebada	18.156 ± 195	16.914	Este trabajo
Rastrojo de Soja	19.764 ± 174	18.454	Este trabajo
Switchgrass	18.420 ± 411	17.219	Este trabajo
Caña silvestre	17.836 ± 69	16.606	Este trabajo
Algas Laguna del diario	15.912 ± 130	14.927	Este trabajo
Orujo de aceituna	21.055	-	[45]
Poda de olivo	20.791	-	[45]
Madera <i>Eucalyptus Grandis</i>	20.000	-	[48]
Madera de Pino	20.000	-	[21]
Corteza <i>Eucalyptus Grandis</i>	16.900	-	[48]
Cascara de Arroz	16.100	-	[21]
Paja de Arroz	15.200	-	[1]
Bagazo de Caña	17.300	-	[21]
Rastrojo de Maíz	19.610	18.310	[44]
Rastrojo de Cebada	19.000	17.760	[44]

Figura 44. Poder calorífico a presión constante (kJ/kg) de distintas especies [55].

$$PCI \text{ switchgrass} = 17.219 \text{ kJ/kg} = 4,78 \text{ kWh/kg}$$

Por lo que, si se sustituye en (19) la cantidad de combustible requerida será:

$$Q_{comb} = 11.627,27 / 4,78 = 2.432,48 \text{ kg/año}$$

Se necesita un total de 2.432,48 kg de biomasa por año. La parcela de la que se dispone cuenta con un área de 17.244 m², la producción de hierba será suficiente para cubrir la demanda. Además, hay que tener en cuenta que los cálculos se han realizado para Switchgrass y de este terreno también se obtienen restos de poda que poseen un PCI más alto.

5.2.3 Costes

En este apartado se calculan los costes asociados a la construcción de los muros y muros Trombe, puertas y ventanas y las instalaciones de fotovoltaica y biomasa de la vivienda mejorada. Como se ha comentado anteriormente, únicamente se va a tener en cuenta los gastos que suponen un cambio entre las dos viviendas.

Muros

En la vivienda mejorada los muros exteriores tienen 30 cm de espesor y la composición de su muro es de doble hoja rellena con aislamiento. El precio aproximado de este tipo de muro es de 21,20 €/m² por cada hoja, por lo que el precio total es 42,40 €/m², este precio incluye los materiales, la mano de obra y el desplazamiento de los trabajadores [35].

El aislamiento del interior del muro tiene un aislamiento de EPS de 8 cm. Su precio (incluyendo todos los costes, como se indica en el anterior párrafo) es de 8,10€/m².

Tabla 16. Costes de los muros de la vivienda mejorada.

Concepto	Precio por metro cuadrado (€/m ²)	Superficie (m ²)	Importe
Doble hoja rellena de aislamiento	42,40	200	8.480,00 €
Aislamiento XPS de 8cm	8,10	200	1.620,00 €
19%			1.919,00 €
TOTAL			12.019,00 €

La vivienda mejorada tiene un caseto adjunto, sus muros exteriores tienen 15 cm de espesor y la composición de su muro es de 1/2 pie de fábrica de ladrillo.

El precio aproximado de este tipo de muro es de 21,20 €/m², este precio incluye los materiales, la mano de obra y el desplazamiento de los trabajadores. Presupuesto obtenido de [35].

Para el techo de este caseto se ha elegido una cubierta de Onduline que permite la opción de recubrirla de teja si en algún momento se quisiera mejorar su apariencia estética [35].

Tabla 17. Costes de los muros del Caseto de la vivienda mejorada.

Concepto	Precio por metro cuadrado (€/m ²)	Superficie (m ²)	Importe
1/2 pie de fábrica de ladrillo	21,20	40,545	859,55 €
Cubierta Onduline	16,00	37,5	600,00 €
19%			277,32 €
TOTAL			1.736,87 €

Muro Trombe

La vivienda mejorada cuenta con cuatro secciones muro Trombe en la primera planta de la fachada A. Este muro ocupará los huecos existentes entre las tres ventanas que tiene la vivienda.

Se estiman los precios de estos muros Trombe teniendo en cuenta que el muro se recubre de pizarra negra y el acristalamiento será doble.

Tabla 18. Costes de los muros Trombe de la vivienda mejorada.

Concepto	Precio por metro cuadrado (€/m ²)	Superficie (m ²)	Importe
Recubrimiento de pizarra	32,00	11,54	439,32 €
Acero si RPT	55,88 [56]	11,54	644,69 €
Doble acristalamiento	92,72 [56]	11,54	1.069,71 €
Hueco 10%	24,48 [56]	11,54	282,43 €
Compuertas	112,21 [56]	11,54	1.294,57 €
TOTAL			3.730,72 €

Puertas y ventanas

La vivienda mejorada tiene una puerta de PVC de 98×208 cm cuyo precio es 349 € y un total de 13 ventanas de PVC cuyo precio depende del modelo. En la siguiente tabla se ven los costes totales asociados a la puerta y las ventanas:

Tabla 19. Costes de puertas y ventanas de la vivienda mejorada.

Concepto	Cantidad (Ud.)	Precio	Importe
Puerta de PVC Ibiza blanca	1	349,00	349,00 €
Ventana de PVC oscilobatiente de 60x70	2	109,00	218,00 €
Ventanas oscilobatientes de PVC de 70mm con persiana de 140x139cm	10	339,00	3.390,00 €
Ventanal a medida de PVC 350x200cm	1	524,00	524,00 €
TOTAL			4.481,00 €

Sombreamiento

Se colocan dos marquesinas en la fachada A para que junto con plantas de parra den sombra en verano, el precio de cada unidad es de 269 €.

Tabla 20. Costes de las marquesinas como sombreadores.

Concepto	Cantidad (Ud.)	Precio (€)	Importe
Marquesina de madera Etreta beige de 12 m²	2	269,00	538,00 €
TOTAL			538,00 €

Instalación fotovoltaica

La instalación fotovoltaica de la vivienda mejorada consta de 34 Módulos de 144 celdas. Estos se colocan mediante una estructura en el tejado. En la siguiente tabla se muestran los precios de paneles y estructuras, así como el resto de los aparatos necesarios para la instalación.

Tabla 21. Costes de la instalación fotovoltaica.

Concepto	Cantidad (Ud.)	Precio (€)	Importe
Módulo fotovoltaico Risen 405w	34	149,00	5.066,00 €
Regulador MPPT Victron Energy	1	1.176,00	1.176,00 €
Batería SPzS Solar SIGMA	2	7.576,48	15.152,96 €
Inversor Fronius SYMO	1	2.567,79	2.567,79 €
Estructura Alu Perforating Roof 5 paneles	7	205,20	1.436,40 €
Contador bidireccional	1	200,00	200,00 €
Cuadro de protecciones para CC y AC	1	350,00	350,00 €
Legalización y boletín	1	300,00	300,00 €
Mano de obra y materiales	2	750,00	1.500,00 €
TOTAL			27.749,15 €

Instalación de Biomasa

La instalación de la biomasa se ubica en el caseto, cuyos costes ya han sido tenidos en cuenta en la Tabla 17.

En este apartado se tiene en consideración los costes de la caldera de biomasa, así como el resto de maquinaria necesaria para la creación de pellets. También se incluye el coste de un silo para almacenar los pellets.

Tabla 22. Costes de los muros de la vivienda mejorada.

Concepto	Cantidad (Ud.)	Precio (€)	Importe
Caldera de biomasa Multifuel 17 kW	1	9990,00 [37]	9.990,00 €
Peletizadora PLT5o	1	2820,00 [38]	2.820,00 €
Trituradora Molino WOODSTOCK 3PH	1	1946,00 [38]	1.946,00 €
Silo	1	1801,69 [34]	1801,69 €
TOTAL			16.557,69 €

6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este apartado se va a realizar un análisis de los resultados obtenidos durante el trabajo y una comparación entre las ventajas y desventajas que presenta cada una de las viviendas.

6.1 ANÁLISIS ECONÓMICO

Se va a realizar un estudio de la viabilidad económica del proyecto. Para esta labor existen dos parámetros:

El Valor Actual Neto (VAN), es una herramienta que convierte los flujos de cajas generados en un proyecto de inversión a lo largo de la vida del proyecto en un único valor actualizado empleando una tasa de descuento o interés (TD). Cuando el VAN es positivo el proyecto genera beneficios y generará pérdidas al ser negativo.

$$(20) \quad VAN = -Desembolso_{inicial} + Flujo_{año1}(1 + TD) + Flujo_{año2}(1 + TD) + \dots \\ Flujo_{años}(1 + TD)$$

Los diferentes flujos serán siempre positivos porque la instalación da beneficios todos los años. En este caso concreto, se va a estimar la vida útil de la instalación en 20 años, por ser este el periodo de garantía de potencia que ofrece el fabricante de los paneles fotovoltaicos.

Esta fórmula permite comparar económicamente proyectos, siendo el proyecto más viable aquel con el VAN más elevado.

La Tasa Interna de Retorno (TIR), tiene relación con el VAN, ya que esta es la tasa de descuento o interés (TD) que hace que el VAN sea igual a cero.

Esto significa que los ingresos compensarían completamente los costes con la rentabilidad esperada si la TIR es mayor o igual a la TD.

En primer lugar, se comparará el balance de gastos entre la vivienda básica y la vivienda mejorada. Para este análisis sólo se tendrán en cuenta los gastos que representan un gran cambio entre una alternativa y otra, omitiéndose los gastos asociados a movimientos de tierras, estructura, instalación eléctrica y de agua corriente, suelos, etc. Que no presentan cambios significativos en el coste total.

A continuación, en la Tabla 23, se muestran los costes asociados a la construcción de la vivienda básica y en la Tabla 24 los de la vivienda mejorada (sin tener en cuenta los costes que son iguales o similares para las dos).

Tabla 23. Costes de la vivienda básica.

Concepto	Importe
Muros	6.711,60 €
Puertas y Ventanas	3.119,00 €
Caldera Gasoil	2.227,14 €
Depósito Gasoil	595,00 €
Acometida	6.533,94 €
TOTAL	19.186,68 €

Tabla 24. Costes de la vivienda mejorada.

Concepto	Importe
Muros	12.019,00 €
Muros Trombe	3.730,72 €
Caseto	1.736,87 €
Puertas y ventanas	4.481,00 €
Sombreamiento	538,00 €
Instalación Fotovoltaica	27.749,15 €
Instalación Biomasa	16.557,69 €
Acometida	- €
TOTAL	66.812,43 €

Como se puede observar en las tablas, los gastos asociados a la construcción de la vivienda mejorada son mayores que los asociados a la vivienda básica, como era de esperar. Esto es debido a que para aumentar la eficiencia energética de la vivienda y lograr que sea autosuficiente, son

necesarias una serie de instalaciones y actuaciones que suponen una inversión inicial más alta. La principal diferencia de costes entre ambas viene dada por las instalaciones renovables (fotovoltaica y de biomasa), que requieren de varios componentes para su funcionamiento.

Sin embargo, para poder establecer una comparación correcta del coste de ambas viviendas, se ha de tener en cuenta además el coste asociado al consumo energético anual de la vivienda básica, ya que la mejorada, al no estar conectada ni tener la necesidad de comprar combustible, no tiene costes asociados al consumo energético. En la Tabla 25 se muestran los datos de los gastos anuales asociados al consumo energético de la vivienda básica, que serán los ahorros de la vivienda mejorada.

Tabla 25. Gastos asociados al consumo energético anual de la vivienda básica.

Concepto	Importe
Gasóleo-C	755,97 €
Energía eléctrica	1.210,25 €
TOTAL	1.966,22 €

A continuación, se van a contemplar una serie de posibles escenarios de futuro a 20 años para el coste de la electricidad y el Gasóleo-C según las diferentes previsiones.

En todos los escenarios se considera un aumento del coste del Gasóleo-C, debido a que las actuales políticas energéticas estipulan una desaparición progresiva de este tipo de combustible, sustituyéndole por otros respetuosos con el medio ambiente. Partiendo de datos históricos del precio de barril de Brent (Figura 10) se realizan tres previsiones diferentes según una tendencia lineal, potencial y exponencial.

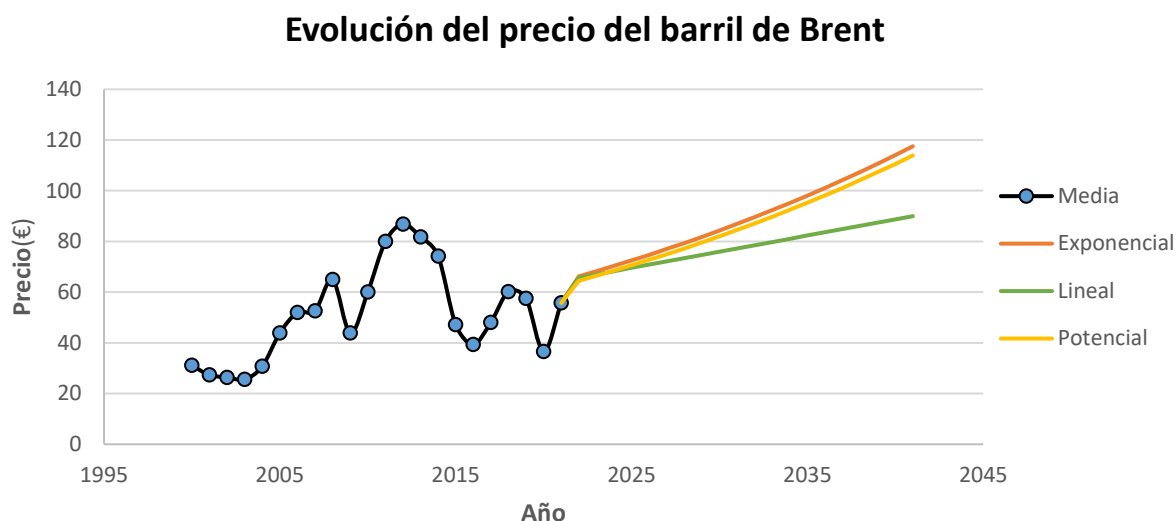


Figura 45. Evolución estimada del precio del barril de Brent con tendencia lineal, potencial y exponencial

En cuanto al precio de la electricidad, se considera también el aumento del precio del mismo, como se comentó en 3.5, y en cada escenario se aplica un incremento diferente.

A continuación, se definen los diferentes escenarios de futuro:

- Escenario 1: Aumento del precio del petróleo según una tendencia lineal y aumento del precio de la electricidad un 3%.
- Escenario 2: Aumento del precio del petróleo según una tendencia potencial y aumento del precio de la electricidad un 5%.
- Escenario 3: Aumento del precio del petróleo según una tendencia exponencial y aumento del precio de la electricidad un 7%.

En el ANEXO VI. Análisis económico, se muestran los cálculos pertinentes para cada escenario.

En la Tabla 26, se muestran los resultados económicos obtenidos para cada escenario. Para los cálculos se ha utilizado una tasa de descuento del 3% [57].

Tabla 26. VAN y TIR de los escenarios

Tasa descuento del 3%	VAN	TIR	Año de amortización
Escenario 1	-9.991,36 €	0,7%	19
Escenario 2	-7.450,78 €	1,4%	18
Escenario 3	-2.858,54 €	2,4%	17

En la tabla anterior se muestran los valores del VAN y del TIR para los tres escenarios planteados y el año en el que se amortiza el proyecto. Se puede observar que con estas condiciones ninguno de los tres escenarios tiene un VAN positivo, pero sí que se amortizan dentro de la vida útil del proyecto. Un VAN negativo indica que en ninguno de los escenarios planteados se obtiene la rentabilidad esperada, esta se cumpliría con una tasa de descuento igual al TIR.

Tras esto, se van a considerar los mismos escenarios, pero contemplando la opción de que los proyectos estén subvencionados.

Actualmente, se incentiva la inversión en ahorro energético y energía renovable mediante subvenciones. Tanto a nivel estatal como regional se ofertan subvenciones para incentivar a las personas a invertir en este tipo de instalaciones.

Para este proyecto se utilizará a modo de ejemplo la subvención ofertada en el Boletín Oficial de Cantabria, "Convocatoria para el año 2021 de las subvenciones a actuaciones en energías renovables y ahorro y eficiencia energética en Cantabria" con plazo de solicitud hasta el 30 de junio de 2021. Es importante tener en cuenta que este tipo de subvenciones se están ofreciendo con regularidad actualmente y que es importante considerar los plazos para poder optar a ellas para el proyecto.

En esta subvención concretamente se financian las siguientes tecnologías y actuaciones:

- Energías renovables: solar térmica de baja temperatura; solar fotovoltaica; minieólica; biomasa térmica; geotermia y aerotermia.
- Ahorro y eficiencia energética: renovación de instalaciones de iluminación por tecnología led y sistemas de control y regulación de la iluminación (exenta obra nueva), implantación de puntos de recarga de vehículos eléctricos y microgeneración.

En cuanto a la cuantía subvencionable dependerá del tipo de mejora y se aplicará un porcentaje sobre el coste elegible, que son los gastos necesarios para la ejecución de un proyecto. Es importante considerar fuera de este coste el IVA y otros posibles impuestos. La cuantía subvencionable dependiendo el tipo de mejora es:

- 30% del coste elegible para la utilización de tecnología solar térmica y aerotermia, y en la renovación de instalaciones de iluminación por tecnología led.
- 50% del coste elegible para la implantación de puntos de recarga de vehículos.
- 40% del coste elegible para el resto de las tecnologías.

Aplicando la subvención a las instalaciones de fotovoltaica y biomasa los nuevos costes de la vivienda mejorada serán los que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 27. Costes de la vivienda mejorada.

Concepto	Importe (€)
Muros	12.019,00 €
Muro Trombe	3.730,72 €
Caseto	1.736,87 €
Puertas y ventanas	4.481,00 €
Sombreamiento	538,00 €
Instalación Fotovoltaica	18.980,42 €
Instalación Biomasa	11.325,46 €
Acometida	- €
TOTAL	52.811,47 €

En la siguiente tabla se muestran los valores del VAN y del TIR para los tres escenarios planteados en el caso de obtener la subvención.

Tabla 28. VAN y TIR de los escenarios con subvención

Tasa descuento del 3%	VAN	TIR	Año amortización
Escenario 1	4.009,60 €	4,2%	14
Escenario 2	6.550,18 €	4,8%	14
Escenario 3	12.352,67 €	6,3%	13

Como se puede observar, considerando la subvención, en todos los escenarios el VAN es positivo. Lo que significa que la inversión en cualquiera de los escenarios sería rentable si se obtiene una subvención. Es algo muy importante a tener en cuenta a la hora de afrontar una instalación de este tipo.

A continuación, se realiza una comparación de los escenarios, sin y con subvención.

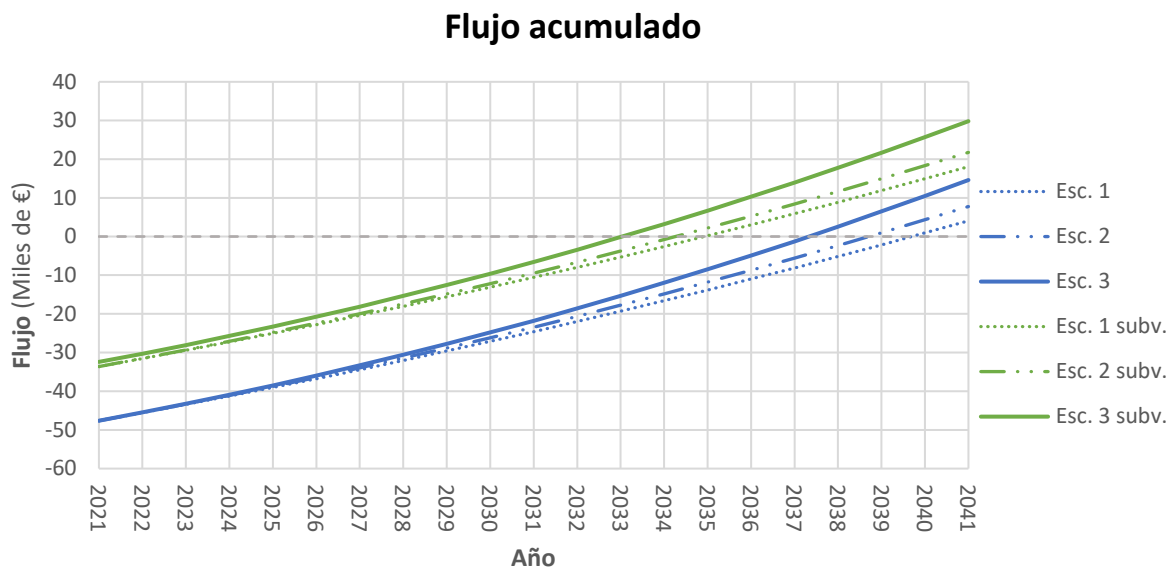


Figura 46. Flujo acumulado para los tres escenarios sin subvención y con subvención.

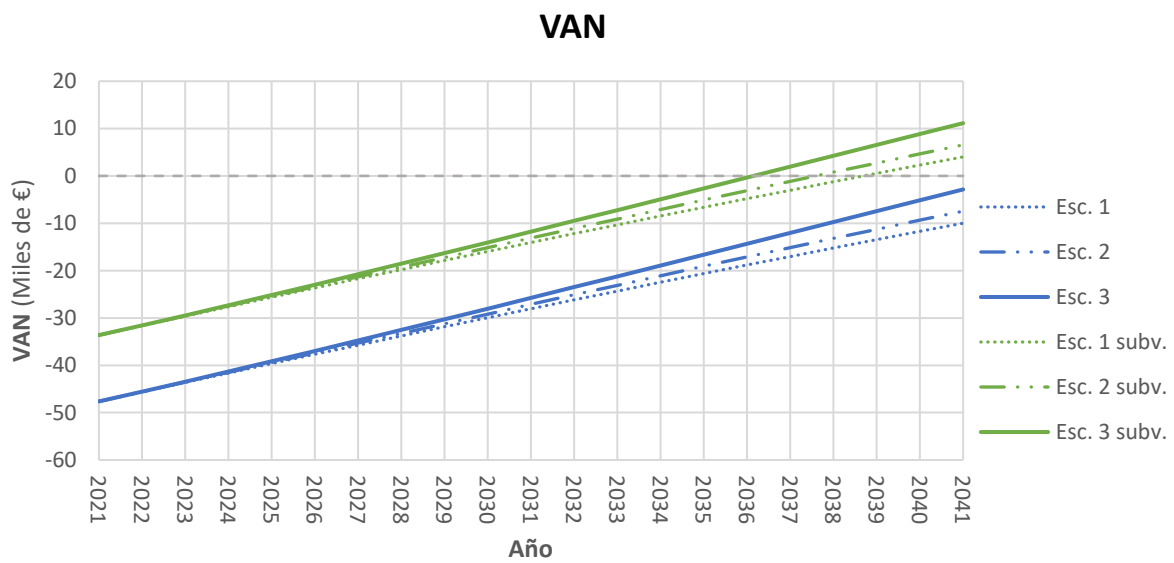


Figura 47. VAN para los tres escenarios sin subvención y con subvención.

En la siguiente tabla se muestran los valores de las figuras anteriores para el año 2041.

Tabla 29. VAN y TIR de los escenarios con subvención

	Flujo acumulado en el 2041	VAN en el 2041
Escenario 1 (sin subvención)	4.056,73 €	-9.991,36 €
Escenario 2 (sin subvención)	7.752,95 €	-7.450,78 €
Escenario 3 (sin subvención)	14.605,92 €	-2.858,54 €
Escenario 1 (con subvención)	18.057,69 €	4.009,60 €
Escenario 2 (con subvención)	21.753,91 €	6.550,18 €
Escenario 3 (con subvención)	29.817,13 €	12.352,67 €

La inversión inicial puede parecer una cifra elevada, pero dado que la vivienda mejorada es autosuficiente, a partir de ese momento supondría un beneficio económico anual equivalente al coste energético anual de la vivienda básica.

Si se tiene en cuenta que construir una vivienda de las características de la vivienda básica puede tener un coste aproximado de unos 250.000 € [58]. La diferencia de 47.625,75 € sin subvención o de 33.624,79 € con subvención, entre la vivienda básica y la mejorada supone a penas un incremento del presupuesto del 19,1% y del 13,4%, respectivamente. Teniendo en cuenta que la vivienda mejorada no tendrá ningún coste asociado al consumo energético, pese a que la inversión inicial es superior, a largo plazo es una opción rentable económicamente.

6.2 ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL

Una vez comentado el aspecto económico, se va a pasar a comentar el impacto medioambiental de cada una de las dos viviendas. La mejor forma de hacer esta comparación es mediante los certificados energéticos de las viviendas. Los certificados energéticos se muestran en el ANEXO VII. Certificados de eficiencia energética.

A continuación, en la Figura 48 se muestra la calificación energética que se ha obtenido para la vivienda básica.

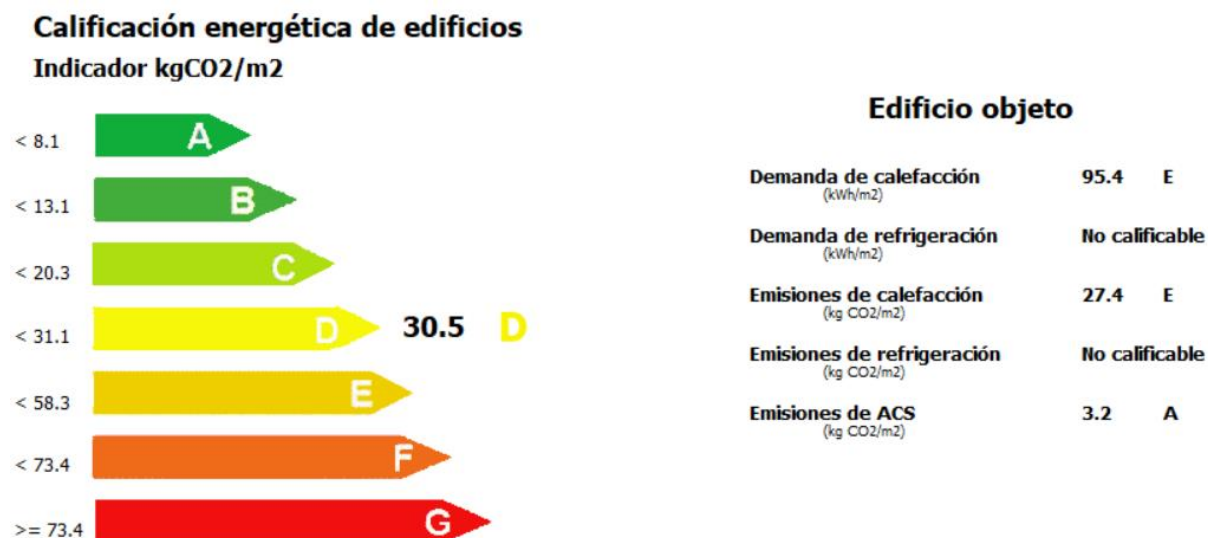


Figura 48. Certificado energético calculado para la vivienda básica.

La vivienda básica tiene un indicador de 30,5 kg CO₂/m², lo que le da una calificación energética de "D". Como se puede ver, lo que más emisiones genera es la calefacción (27,4 kg CO₂/m²).

En la siguiente figura (Figura 49) se muestra la calificación energética que se ha obtenido para la vivienda mejorada.

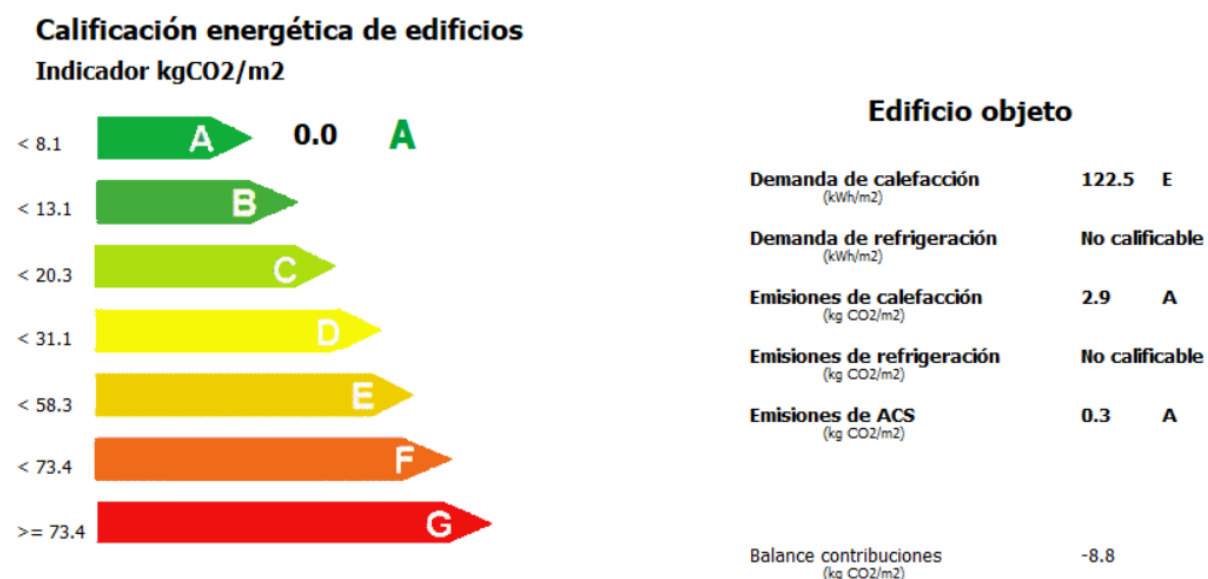


Figura 49. Certificado energético calculado para la vivienda mejorada.

La vivienda mejorada tiene un indicador de 0 kg CO₂/m², lo que le da una calificación energética de "A". Como se puede ver, en esta vivienda las emisiones de calefacción y ACS son mucho menores (2,9 y 0,3 kg CO₂/m²), siendo de un orden de tan sólo el 10% de las de la vivienda básica (27,4 y 3,2 kg CO₂/m²). Además, el balance de contribuciones de kg CO₂/m² queda en negativo, debido a la utilización de biomasa en la caldera, que supone una contribución negativa de -8,8 kg CO₂/m².

Con todo esto, se puede concluir que la vivienda mejorada es una vivienda totalmente ecológica, con un balance de emisiones de 0 kg CO₂/m², y un consumo nulo de combustibles fósiles.

Esto supone una ventaja enorme desde el punto de vista medioambiental respecto a la vivienda básica, que no sólo depende de la conexión a la red eléctrica, cuya energía solamente proviene en un 30% de fuentes renovables, sino que también utiliza directamente combustible fósil para el funcionamiento de la caldera, con las emisiones que esto conlleva.

7 CONCLUSIONES

En este trabajo se han revisado las principales causas, efectos y medidas de mitigación del cambio climático y se ha propuesto una mejora energética en una vivienda con el fin de justificar la inversión inicial que esto conlleva.

De la revisión bibliográfica se pueden extraer una serie de conclusiones generales:

- El cambio climático es una realidad cada vez más tangible y si no se toman las medidas necesarias al respecto, las consecuencias en la sociedad y la economía serán cada vez más graves.
- Actualmente, la legislación y la normativa cada vez favorecen más la implantación de las energías renovables, mediante subvenciones a la construcción de instalaciones y retribuciones a la energía generada.
- Además, la tendencia del precio del petróleo y de los combustibles fósiles supondrá un aumento en el precio de la electricidad y favorecerá aún más la implementación de energías limpias y renovables.

Como continuación de estas conclusiones generales, el análisis económico y medio ambiental realizado en el trabajo permite extraer una serie adicional de conclusiones más concretas sobre el caso de estudio:

- La inversión necesaria para realizar las mejoras energéticas en la vivienda mejorada llega a amortizarse en un plazo aceptable en todos los casos planteados.
- Aunque sin subvención no se alcanza la rentabilidad esperada, en el peor de los escenarios planteados, la amortización total de la

inversión inicial se alcanza dentro del periodo de garantía de la instalación.

- Con subvención, el proyecto es viable y rentable en todos los escenarios planteados. Lo que significa que la adición de estas medidas no sólo se llegará a amortizar, si no que aporta ganancias por encima de la rentabilidad planteada (véase Tabla 29).
- Si la legislación y los gobiernos siguen incentivando este tipo de proyectos mediante subvenciones, puede favorecerse la extensión de este tipo de instalaciones energéticamente autosuficientes y la inversión en energías renovables. Lo que, a su vez, reducirá los precios de estas tecnologías a medio/largo plazo.
- El previsible incremento del precio de la electricidad y los combustibles fósiles también incentivará este tipo de instalaciones de autoconsumo.

En vista de todo lo anterior, se puede concluir que, dada la coyuntura actual es preciso por parte del usuario reducir el consumo energético e implantar los sistemas de autogeneración más acordes con las posibilidades de su edificación.

8 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Caballero, M., Lozano, S. y Ortega, B. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Revista Digital Universitaria*, vol. 8, nº 10.
- [2] BP p.l.c. (2020). *Statistical Review of World Energy*, vol. 69ª edición.
- [3] Constantino, L., Gil, Z., Jaramillo, A., Benavides, P. y Bustillo, A. (2011). *Efecto del cambio y la variabilidad climática en la dinámica de infestación de la broca del café, Hypothenemus hampei, en la zona central cafetera de Colombia*.
- [4] Eurostat. *How are emissions of greenhouse gases by the EU evolving?* [En línea]. [Último acceso: 07 2021]. Disponible en: <https://ec.europa.eu/eurostat>
- [5] AEMA (2019). *El medio ambiente en Europa estado y perspectivas 2020*, Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea
- [6] Balbás García, F. J. (2019). *Sistema energético español Coste de la energía eléctrica y posibles escenarios*, Santander: Ediciones Universidad Cantabria.
- [7] Web oficial de la Unión Europea. *Acuerdo de París* [Último acceso: 09 2020]. [En línea]. Disponible en: <https://ec.europa.eu>
- [8] Consejo de la Unión Europea. (2021). *Acuerdo de París sobre el Cambio Climático* [En línea]. [Último acceso: 09 2020]. Disponible en: <https://www.consilium.europa.eu>
- [9] El País Economía. (2006). *El déficit de tarifa ascendió a 3.830 millones en 2005, según datos definitivos de la CNE*. [En línea]. [Último acceso: 07 2021]. Disponible en: <https://cincodias.elpais.com>
- [10] Gallego, C.J., Victoria, M y Velasco, J. L. (2015). *El origen de la deuda en el sector eléctrico: el mercado*. [En línea]. [Último acceso: 07 2021]. Disponible en: <https://blogs.publico.es>

-
- [11] Gobierno de España (2020). *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030*.
- [12] Ojeda, G. (2021). *¿Qué es el impuesto al sol? Derogación, explicación e historia*. [En línea]. [Último acceso: 04 2021]. Disponible en: <https://selectra.es>
- [13] IDAE. *Eficiencia energética de la vivienda*. [En línea]. [Último acceso: 08 2020]. Disponible en: <http://guiaenergia.idae.es>
- [14] Ministerio de Fomento (2019). *Documento Básico HE. Ahorro de energía*.
- [15] Área de normativa Técnica, Supervisión y Control. Dirección general de Vivienda y Rehabilitación (2013) *Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE)*.
- [16] Martín del Toro, E. (2019) *La influencia de la correcta consideración climática en los certificados energéticos realizados en Canarias*, vol. 71.
- [17] Gobierno de España. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, *Procedimientos para la certificación de edificios*. [En línea]. [Último acceso: 08 2020]. Disponible en: <https://energia.gob.es>
- [18] IDAE (2012) *Manual de usuario de calificación energética de edificios existentes CE3X*, Madrid.
- [19] Sánchez Durán, R. (2020). *El futuro y la demanda energética*. Universidad de Sevilla. Departamento de Tecnología Electrónica.
- [20] The Boston Consulting Group (BCG) (2011). *Evolución tecnológica y prospectiva de costes de las energías renovables. Estudio Técnico PER 2011-2020*, Madrid.
- [21] Mirapeix Serrano, J. M. (2021). *Energía solar fotovoltaica: Fundamentos*, Universidad de Cantabria: Grupo de Ingeniería Fotónica.
-

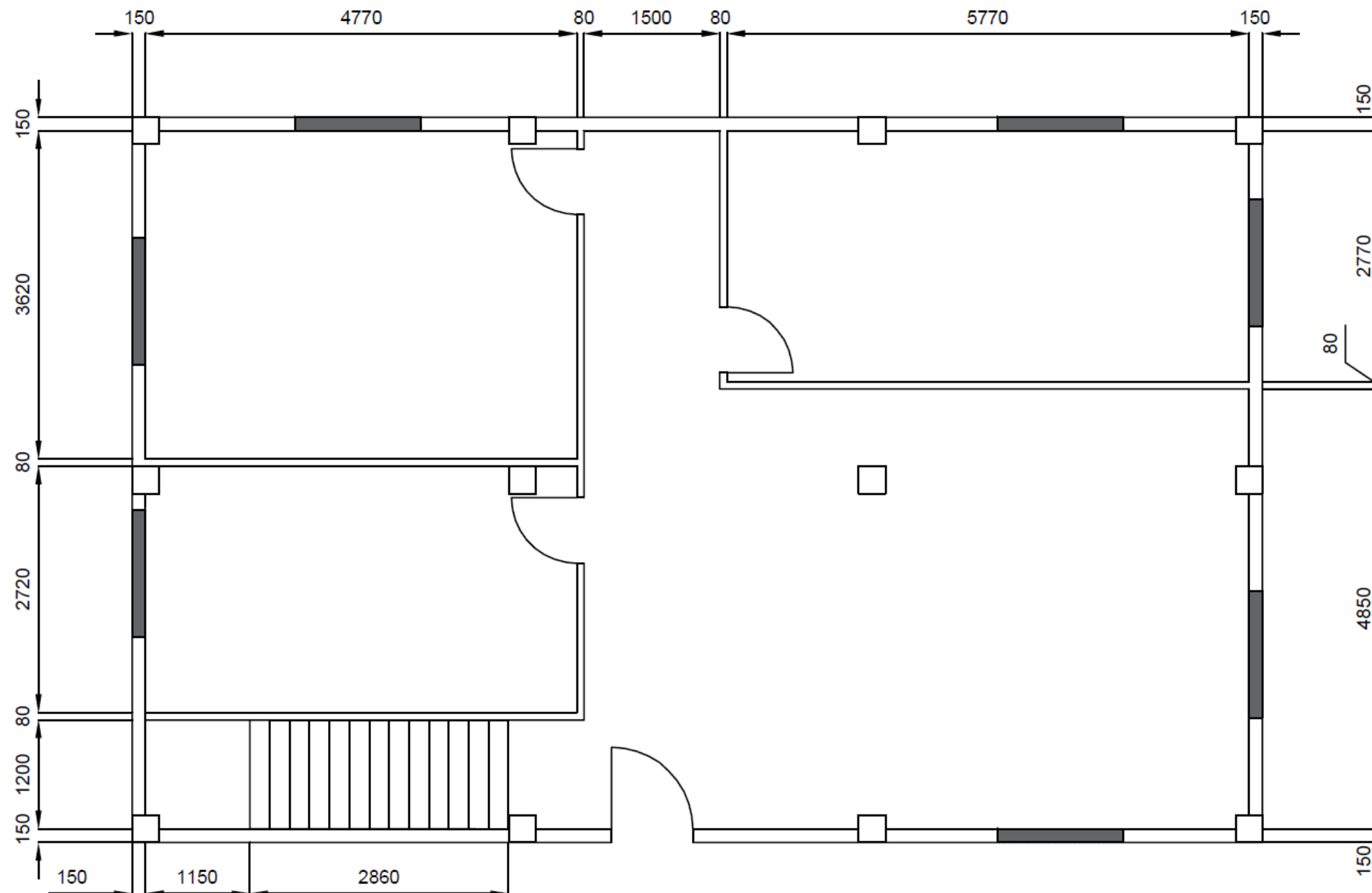
-
- [22] El Periódico de la Energía. (2018). *¿Cómo serán los precios de la electricidad en 2030? Podrían ser como los de hoy*. [Último acceso: 07 2021]. [En línea]. Disponible en: <https://elperiodicodelaenergia.com>
- [23] European Energy Exchange AG (EEX). *Database of emission primary market*. [En línea]. [Último acceso: 09 2021]. Disponible en: <https://www.eex.com>
- [24] Esteller, R. (2021). *La electricidad se encarece hasta un 50% en 2022 por el precio del CO2*. [En línea]. [Último acceso: 07 2021]. Disponible en: <https://www.eleconomista.es>
- [25] Datosmacro. *Precio petróleo Brent*. [En línea]. [Último acceso: 09 2021]. Disponible en: <https://datosmacro.expansion.com>
- [26] Beck, J. (2016). *Desplome del precio del petróleo: 8 razones*. [En línea]. [Último acceso: 09 2021]. Disponible en: <https://www.dw.com>
- [27] Lara, D. y Sánchez, A. (2021). *El precio de la gasolina sigue su escalada y marca máximos de siete años*. [En línea]. [Último acceso: 07 2021]. Disponible en: <https://elpais.com>
- [28] Ministerio de la presidencia (2021). *España 2050. Fundamentos y propuestas para una Estrategia Nacional de Largo Plazo*, Madrid.
- [29] Marrero, A. y Palmero, I. (2004) *Estudio de un sistema solar térmico utilizando dispositivos sombreadores de edificios*, Universidad de la Laguna.
- [30] Santos, T., Rodrigo, E. y Bucheli Naranjo, J. L. (2017). *Construcción y modelación de un módulo didáctico de muro Trombe mediante CFD para fomentar los estudios de la calefacción solar pasiva*, Quito.
- [31] Magalhães, D. y Santos, E. (2017). *Avaliação energética de um sistema de micro-trigeração com coletores solares híbridos PVT*, Oporto.
-

-
- [32] Cerdá, E. (2012). *Energía obtenida a partir de biomasa*. Cuadernos económicos de ICE, nº 83.
- [33] Gobierno de España. *Sede Electrónica del Catastro*. [En línea]. [Último acceso: 08 2020]. Disponible en: <https://www.sedecatastro.gob.es>
- [34] Leroy Merlin España S.L.U. [En línea]. Disponible en: <https://www.leroymerlin.es>
- [35] Construcciones Ruiz García S.L. [En línea]. Disponible en: <http://construccionesruizgarcia.es>
- [36] BRICO Ventana. [En línea]. [Último acceso: 09 2020]. Disponible en: <http://www.brico-ventana.es>
- [37] EKOGRN España (2017). *Catálogo de soluciones 2017-18. Calderas Pellet y Biomasa*.
- [38] Ecofricalia. Distribuidores e instaladores de sistemas de peletizado. [En línea]. Disponible en: <https://peletizadoras.net>
- [39] WCC Solar. *Your Online store of Solar Energy*. [En línea]. [Último acceso: 09 2020]. Disponible en: <https://en.wccsolar.net>
- [40] GreaTecno. *Tienda online de tecnología*. [En línea]. [Último acceso: 08 2021]. Disponible en: <https://greatecno.com/es>
- [41] Fusión enegía solar. *Tu tienda online de energía solar*. [En línea]. Disponible en: <https://fusionenergiasolar.es>
- [42] TienSol. *Tu tienda de energías renovables*. [En línea]. [Último acceso: 08 2021]. Disponible en: <https://tiensol.es>
- [43] Franco, J. T. (2011) *Plataforma arquitectura: En Detalle: Muro Trombe*. [En línea]. [Último acceso: 08 2020]. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl>
- [44] Agencia Estatal Boletín Oficial del del Estado (2020) *Reglamento electrotécnico para baja tensión e ITC*.

-
- [45] Prysmian Cables Spain, S.A.U. (2018). *Libro Blanco de la Instalación. Manual técnico y práctico de cables y accesorios para Baja Tensión*. 1ª Edición.
- [46] Prysmian Group. (2020). *Cálculo de las fórmulas para obtener la sección por caída de tensión. Ejemplo de cálculo*. [En línea]. [Último acceso: 08 2020]. Disponible en: <https://www.prysmianclub.es>
- [47] Manrique, I. C. (2005). *Proyecto de electrificación en media y baja tensión de urbanización de 1500 viviendas unifamiliares*, Sevilla.
- [48] Prysmian Group (2015) *Tarifa de precios cables y accesorios*.
- [49] Soler, S. B. (2019). *Instalación solar fotovoltaica de autoconsumo en baja tensión de 19.800 Wp. Asociada a suministro existente*. Benissa, Alicante.
- [50] The European Commission's science and knowledge service. *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)*. [En línea]. [Último acceso: 08 2020]. Disponible en: <https://ec.europa.eu>
- [51] Sunfields Europe. *Conceptos sobre baterías solares*. [En línea]. [Último acceso: 08 2020]. Disponible en: <https://www.sfe-solar.com>
- [52] Click Renovables S.L. [En línea]. [Último acceso: 08 2020]. Disponible en: <https://clickrenovables.com>
- [53] Aedo, C. et al (1987). *Contribuciones al conocimiento de la flora montañesa, VI*.
- [54] Aedo, C. et al (1994). *Contribuciones al conocimiento de la flora cantábrica, II*.
- [55] Curto, P. et al (2017). *Cuantificación y evaluación del potencial energético de residuos agrarios y agroindustriales no tradicionales*, Montevideo: Instituto de Ingeniería Mecánica y Producción Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de la República.

-
- [56] Martín-Consuegra, F. y Álvarez Domínguez, S. (2008). *PROYECTO RECONSOST. Investigación sobre el Comportamiento Térmico de Soluciones Constructivas Bioclimáticas Aplicación de Nuevas Tecnologías para la Rehabilitación Sostenible de Edificios*.
- [57] Agencia Tributaria. *Modelo 100. Declaración del Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas*. [En línea]. [Último acceso: 07 2021]. Disponible en: <https://www.agenciatributaria.es>
- [58] Habitissimo. *¿Cuánto cuesta construir un chalet? Claves y consejos*. [En línea]. [Último acceso: 09 2020]. Disponible en: <https://www.habitissimo.es>

ANEXO I. Planos

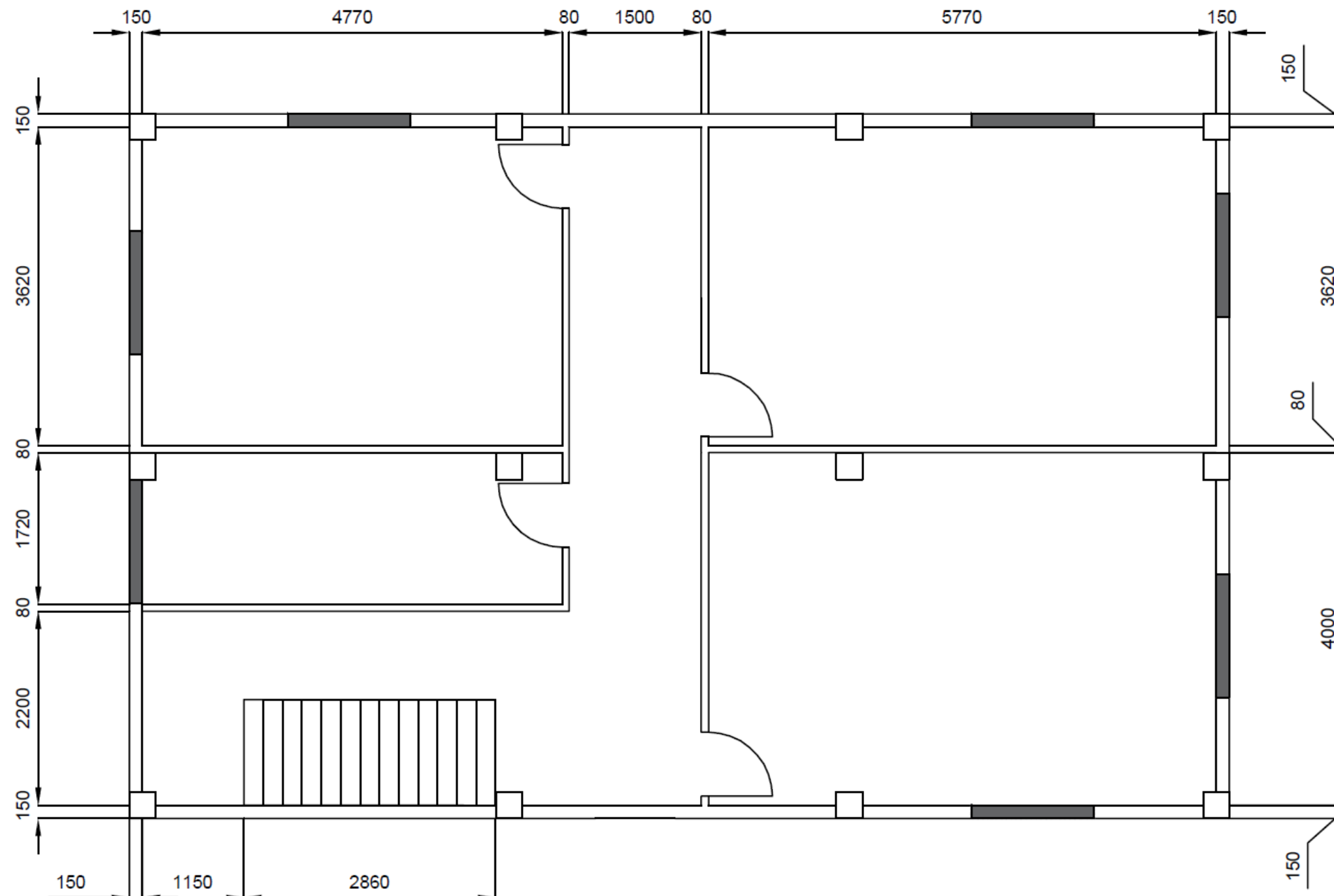


MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR
Y ESTUDIO COMPARATIVO CON UNA VIVIENDA BÁSICA

Plano Vivienda Básica planta baja I



FECHA: 12/08/2021
UNIDADES: mm
ORIENTACIÓN:
PLANO: 1

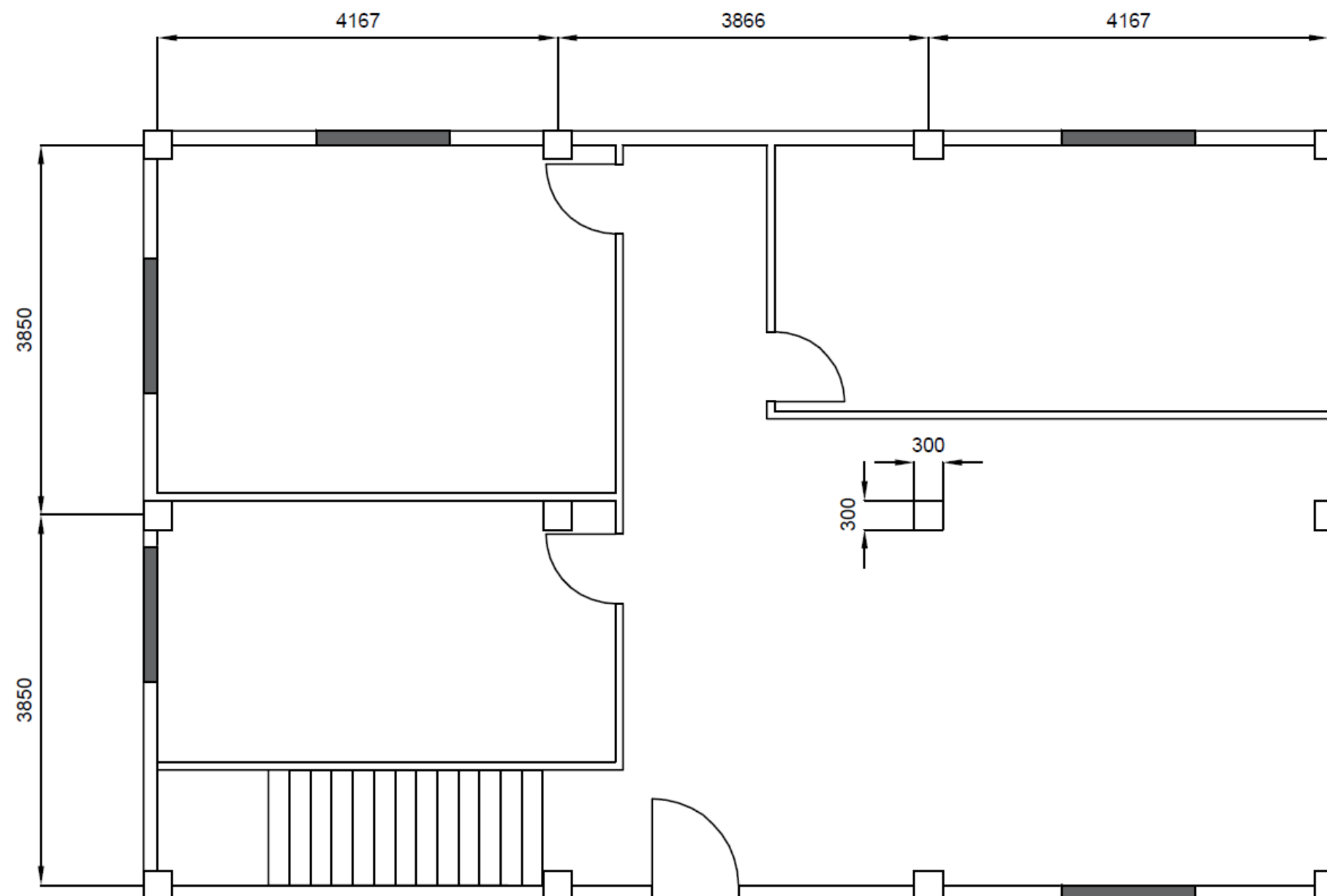


MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR
Y ESTUDIO COMPARATIVO CON UNA VIVIENDA BÁSICA

Plano Vivienda Básica primera planta I



FECHA: 12/08/2021
UNIDADES: mm
ORIENTACIÓN:
PLANO: 2



MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR
Y ESTUDIO COMPARATIVO CON UNA VIVIENDA BÁSICA

Plano Vivienda Básica planta baja II

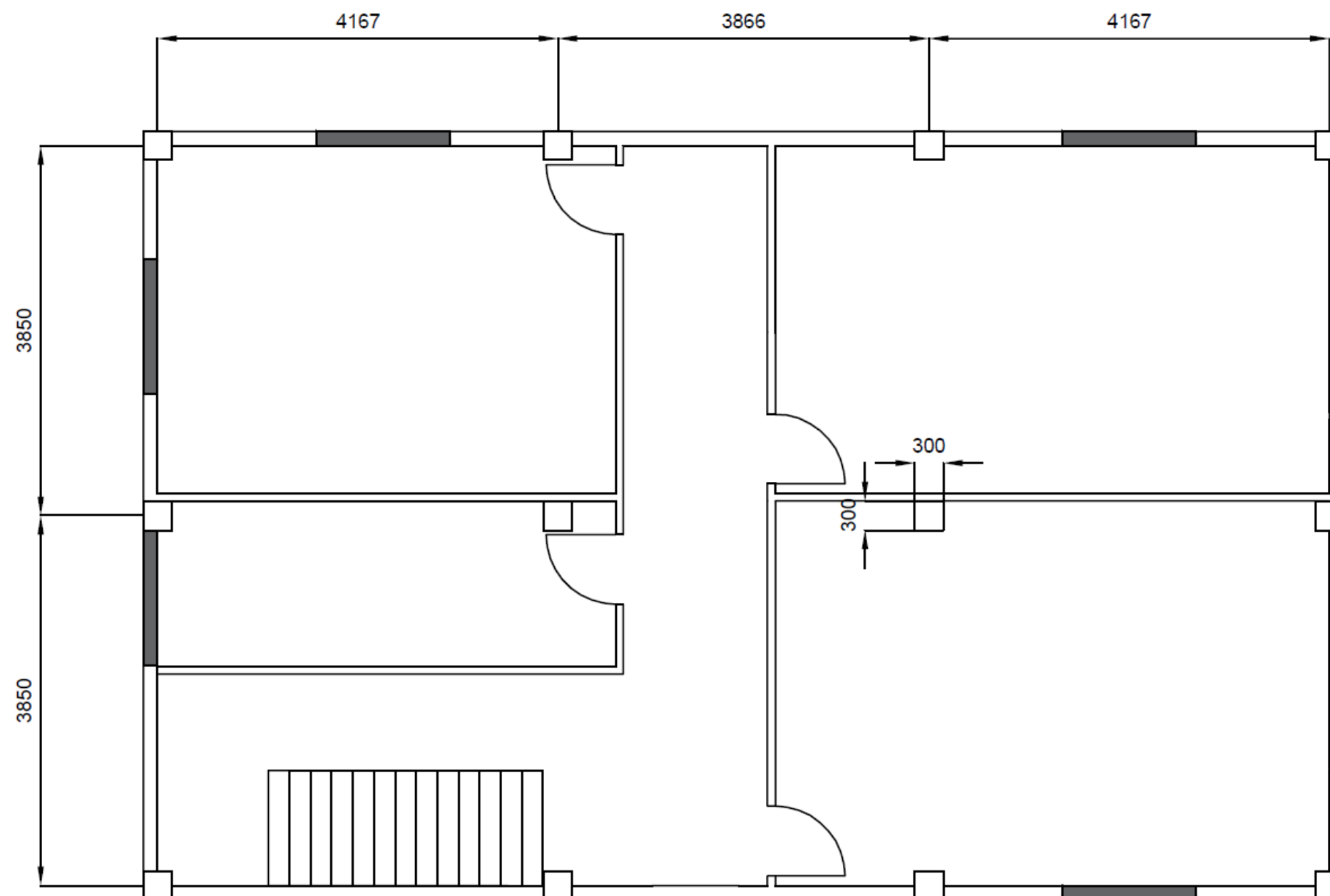


FECHA: 12/08/2021

UNIDADES: mm

ORIENTACIÓN:

PLANO: 3



MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR
Y ESTUDIO COMPARATIVO CON UNA VIVIENDA BÁSICA

Plano Vivienda Básica primera planta II

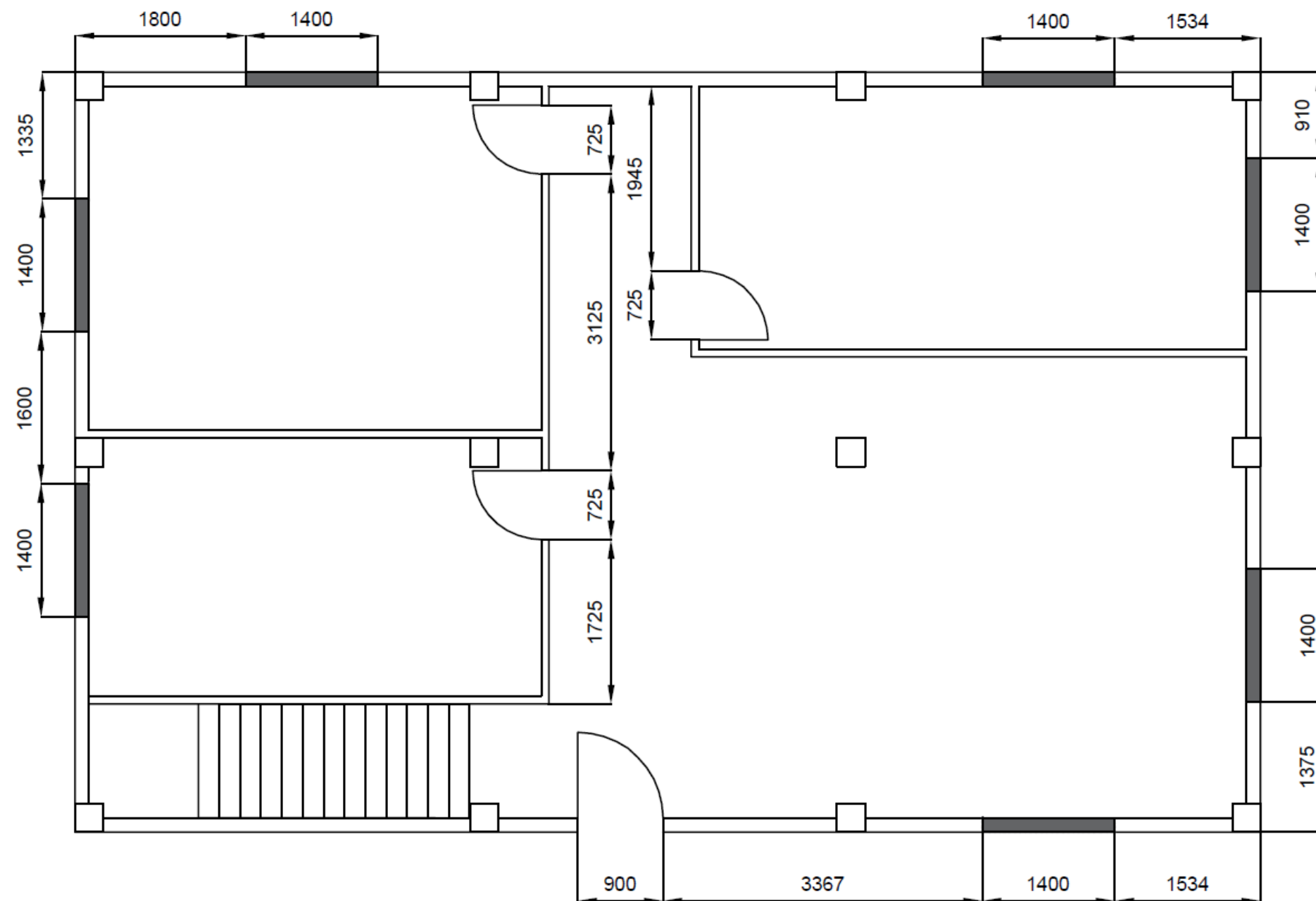


FECHA: 12/08/2021

UNIDADES: mm

ORIENTACIÓN:

PLANO: 4

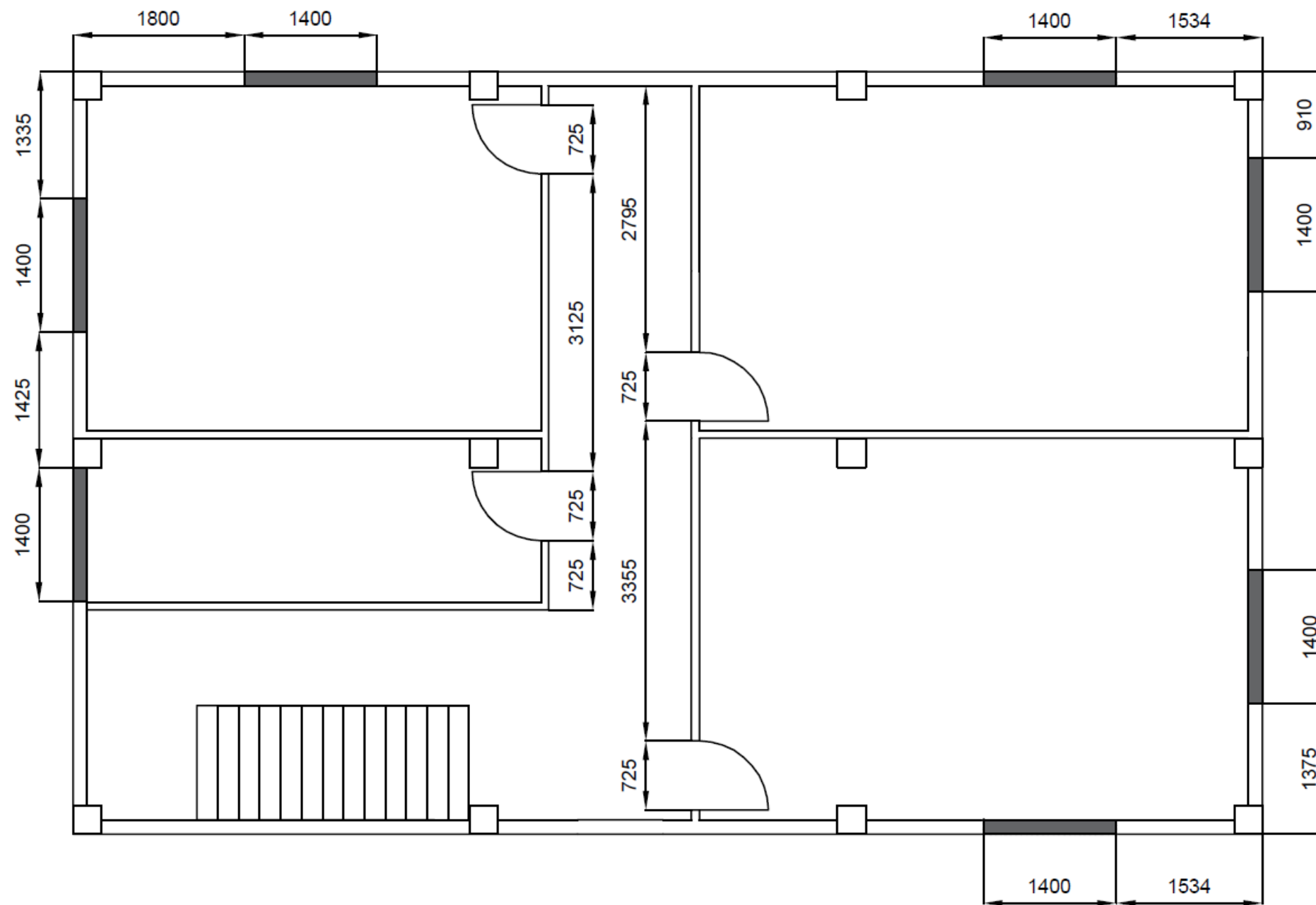


MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR
Y ESTUDIO COMPARATIVO CON UNA VIVIENDA BÁSICA

Plano Vivienda Básica puertas y ventanas planta baja



FECHA: 12/08/2021
UNIDADES: mm
ORIENTACIÓN:
PLANO: 5

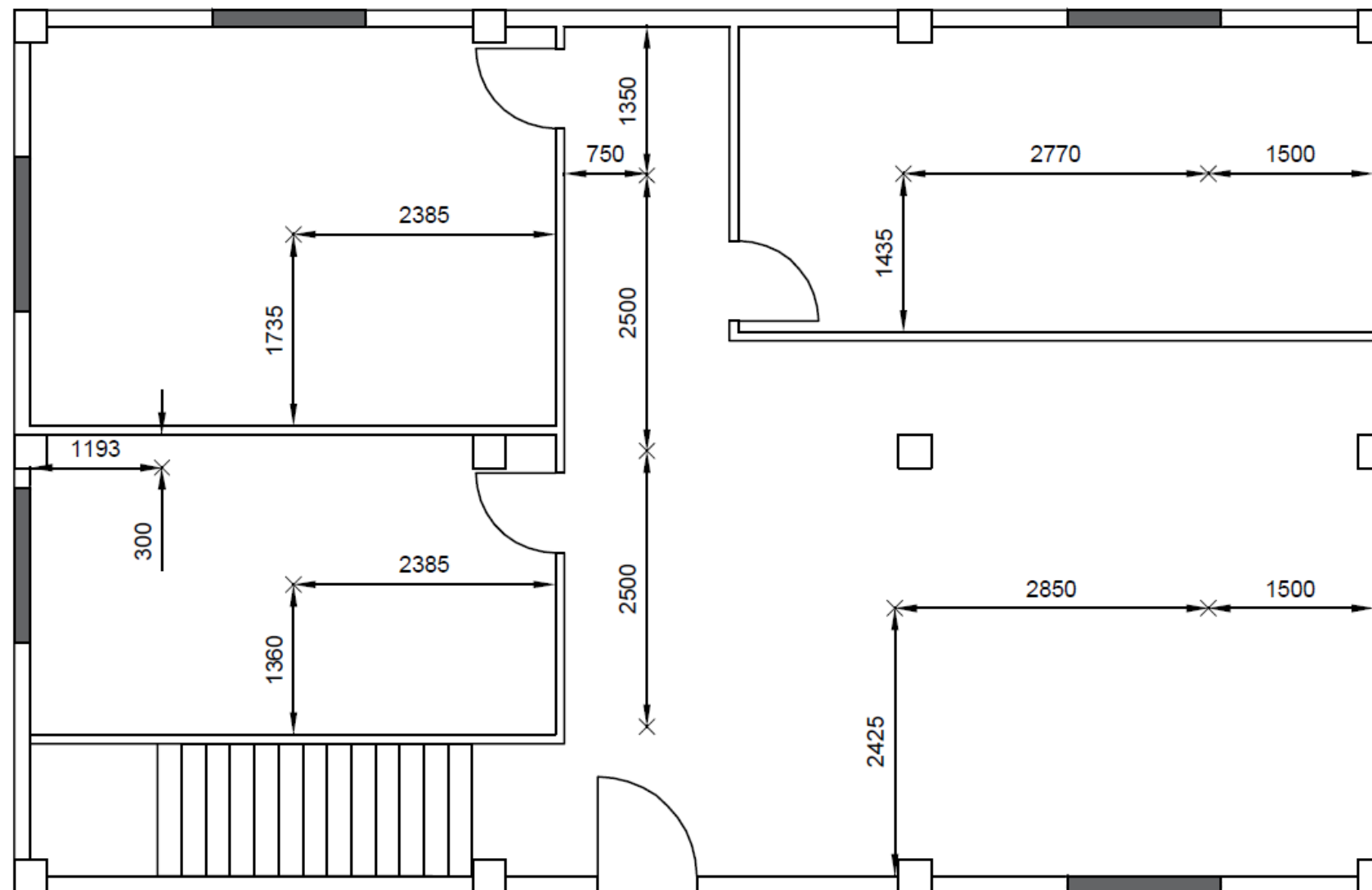


MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR
Y ESTUDIO COMPARATIVO CON UNA VIVIENDA BÁSICA

**Plano Vivienda Básica puertas y ventanas primera
planta**



FECHA: 12/08/2021
UNIDADES: mm
ORIENTACIÓN:
PLANO: 6

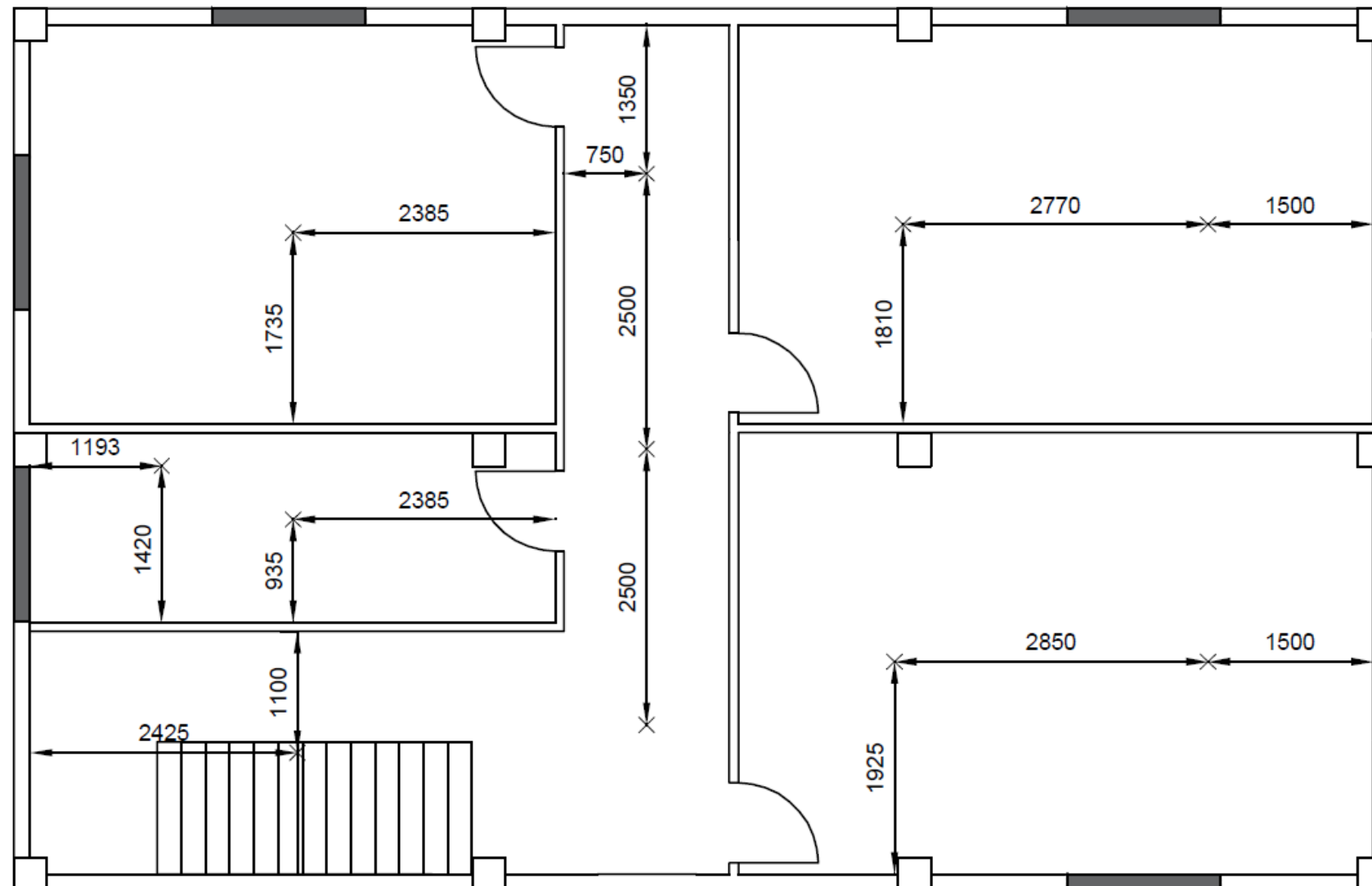


MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR
Y ESTUDIO COMPARATIVO CON UNA VIVIENDA BÁSICA

Plano Vivienda Básica Iluminación planta baja



FECHA: 12/08/2021
UNIDADES: mm
ORIENTACIÓN:
PLANO: 7

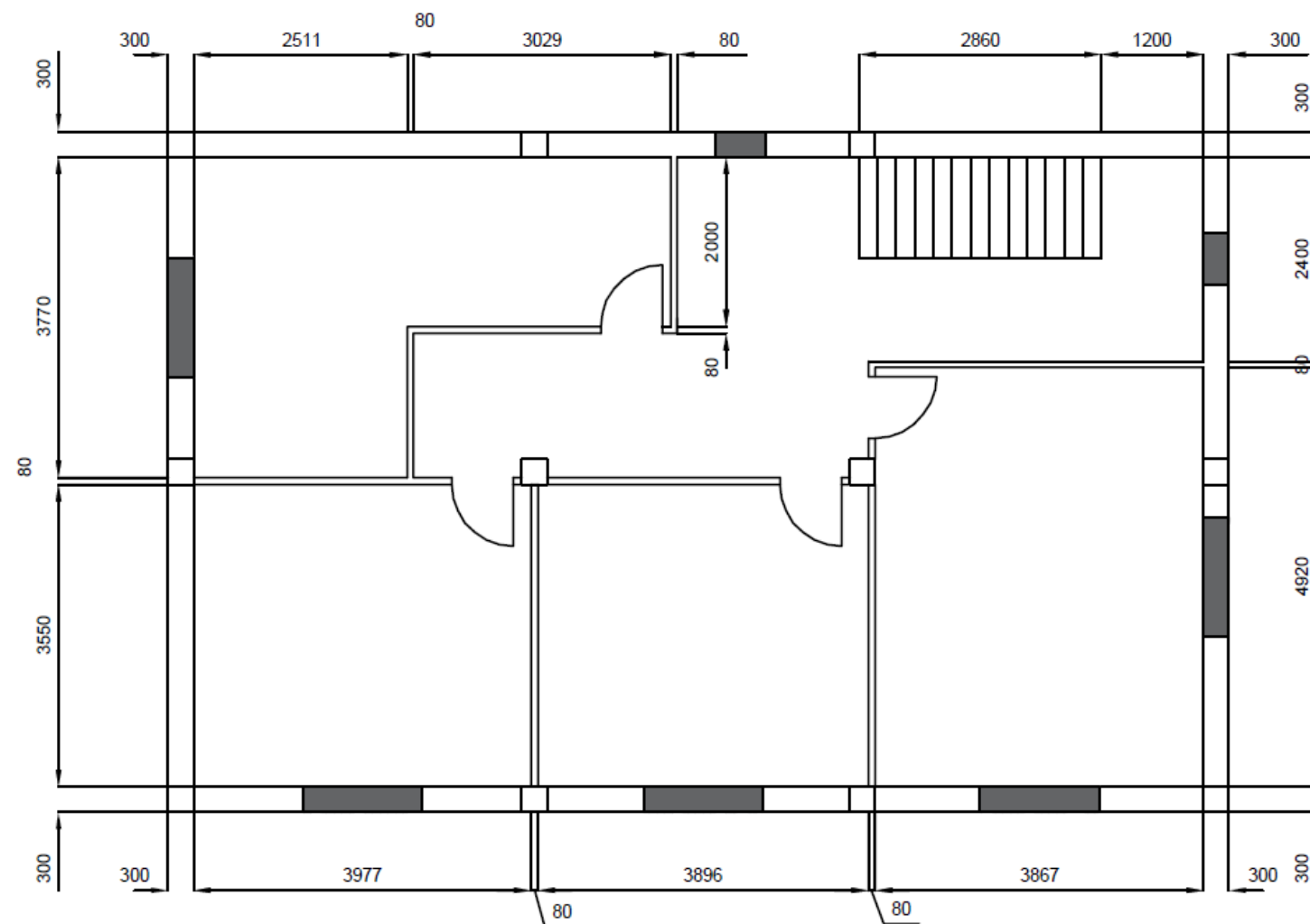


MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR
Y ESTUDIO COMPARATIVO CON UNA VIVIENDA BÁSICA

Plano Vivienda Básica Iluminación primera planta




FECHA: 12/08/2021
UNIDADES: mm
ORIENTACIÓN:
PLANO: 8

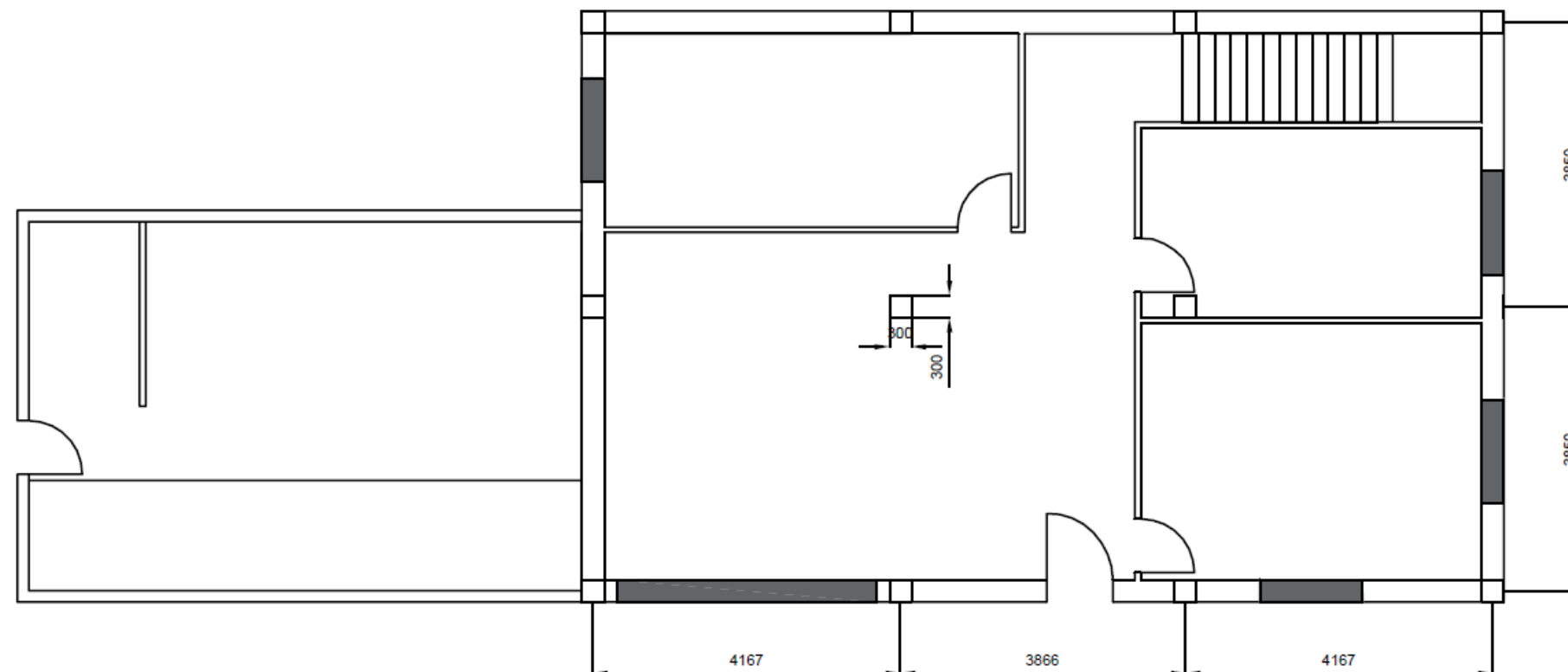


MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR
Y ESTUDIO COMPARATIVO CON UNA VIVIENDA BÁSICA

Plano Vivienda Mejorada primera planta I




FECHA: 12/08/2021
UNIDADES: mm
ORIENTACIÓN: 
PLANO: 10

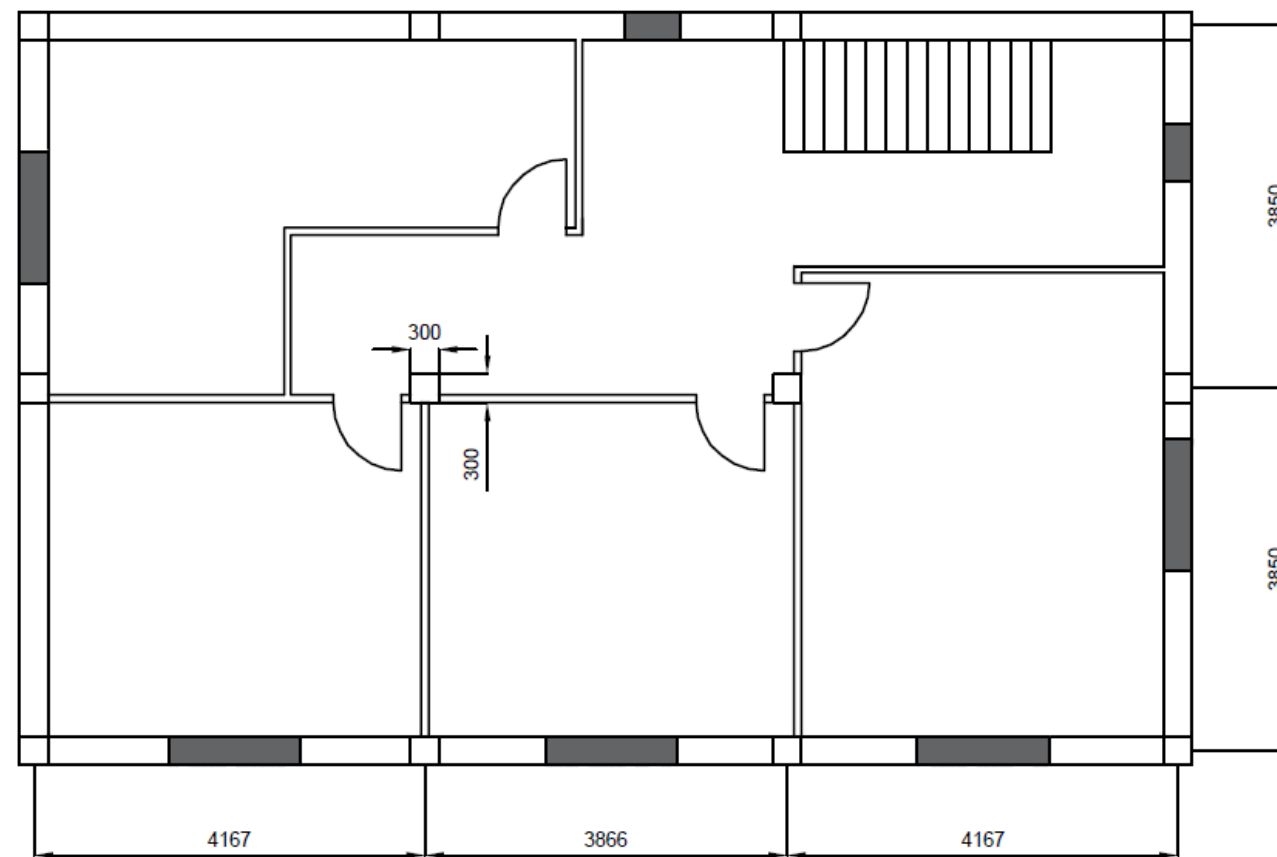


MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR
Y ESTUDIO COMPARATIVO CON UNA VIVIENDA BÁSICA

Plano Vivienda Mejorada planta baja II




FECHA: 12/08/2021
UNIDADES: mm
ORIENTACIÓN: 
PLANO: 11

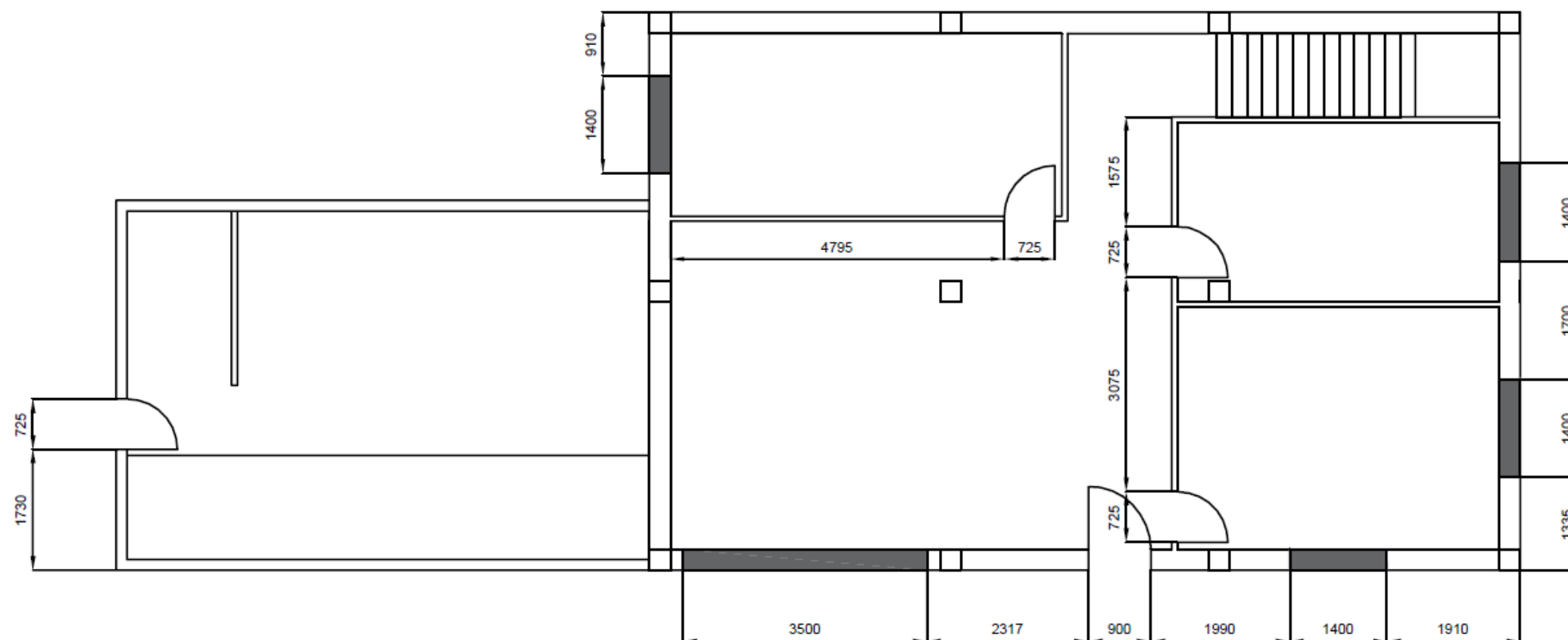


MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR
Y ESTUDIO COMPARATIVO CON UNA VIVIENDA BÁSICA

Plano Vivienda Mejorada primera planta II



FECHA: 12/08/2021
UNIDADES: mm
ORIENTACIÓN: 
PLANO: 12



MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR
Y ESTUDIO COMPARATIVO CON UNA VIVIENDA BÁSICA

Plano Vivienda Mejorada puertas y ventanas planta baja

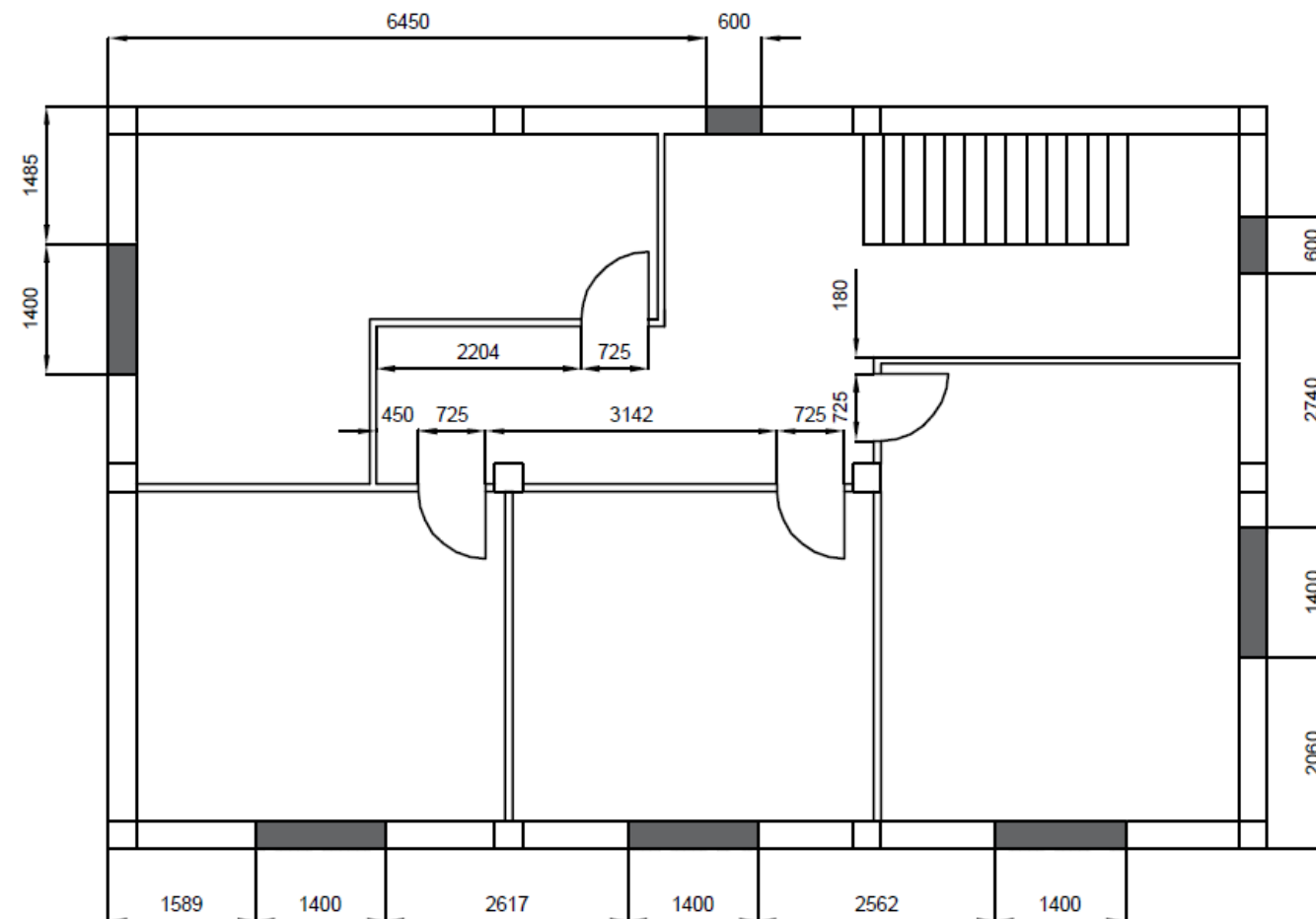


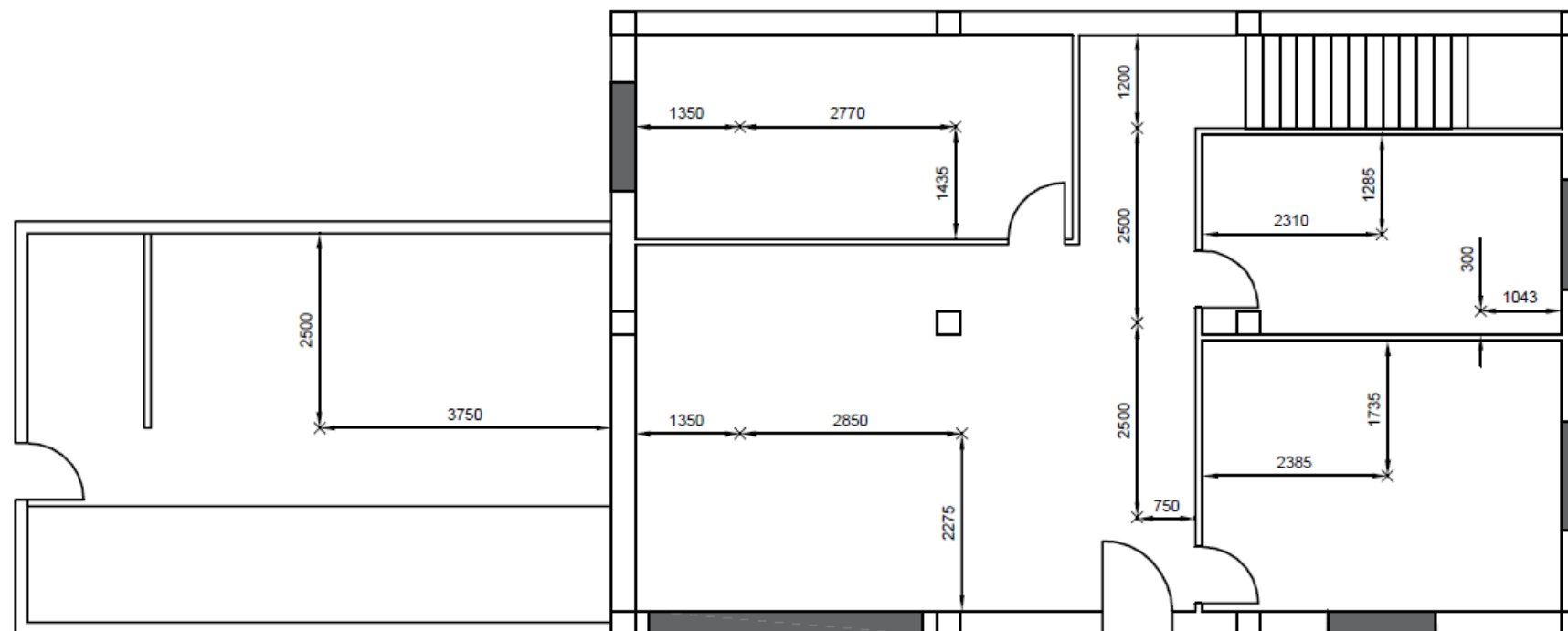
FECHA: 12/08/2021

UNIDADES: mm

ORIENTACIÓN: 

PLANO: 13




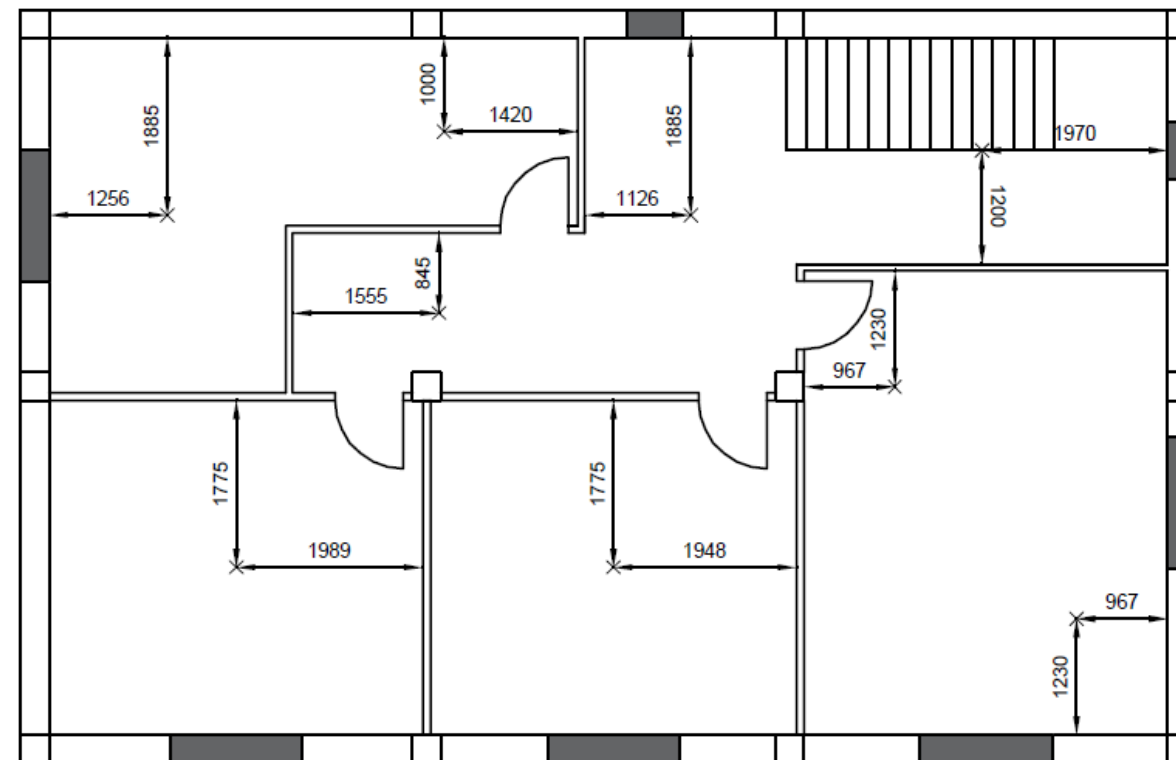


MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR
Y ESTUDIO COMPARATIVO CON UNA VIVIENDA BÁSICA

Plano Vivienda Mejorada Iluminación planta baja




FECHA: 12/08/2021
UNIDADES: mm
ORIENTACIÓN: 
PLANO: 15

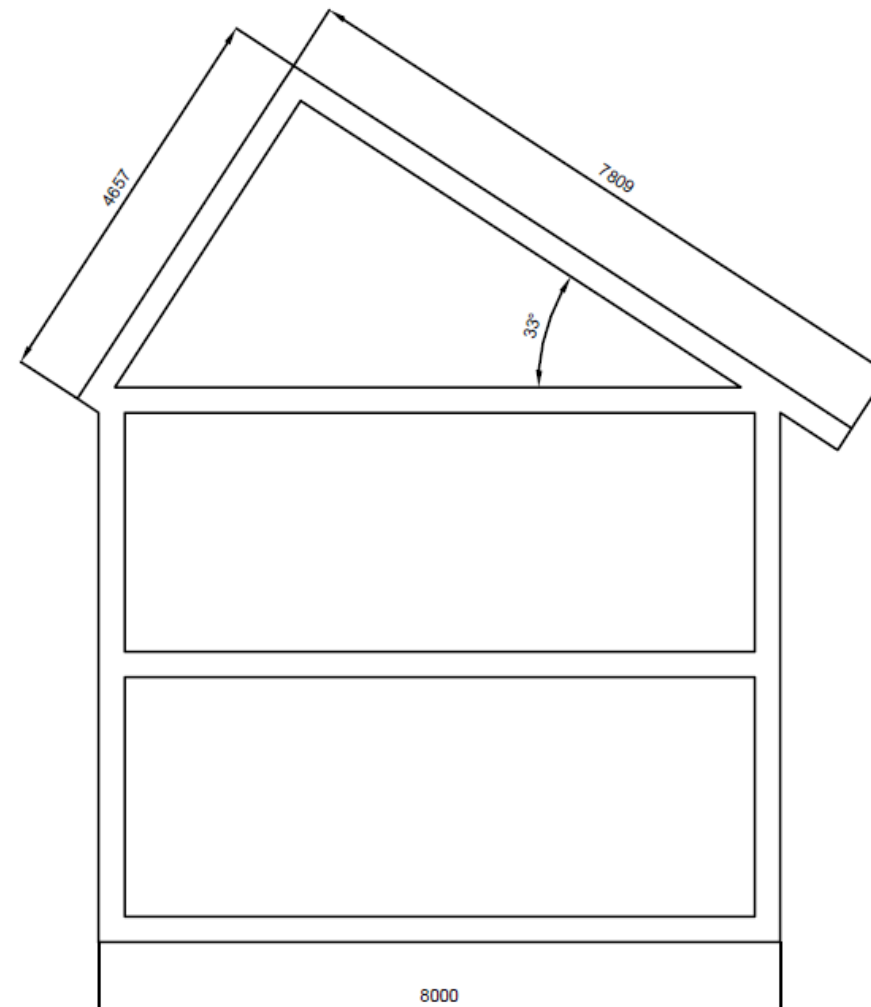


MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR
Y ESTUDIO COMPARATIVO CON UNA VIVIENDA BÁSICA

Plano Vivienda Mejorada Iluminación pimera planta




FECHA: 12/08/2021
UNIDADES: mm
ORIENTACIÓN: 
PLANO: 16

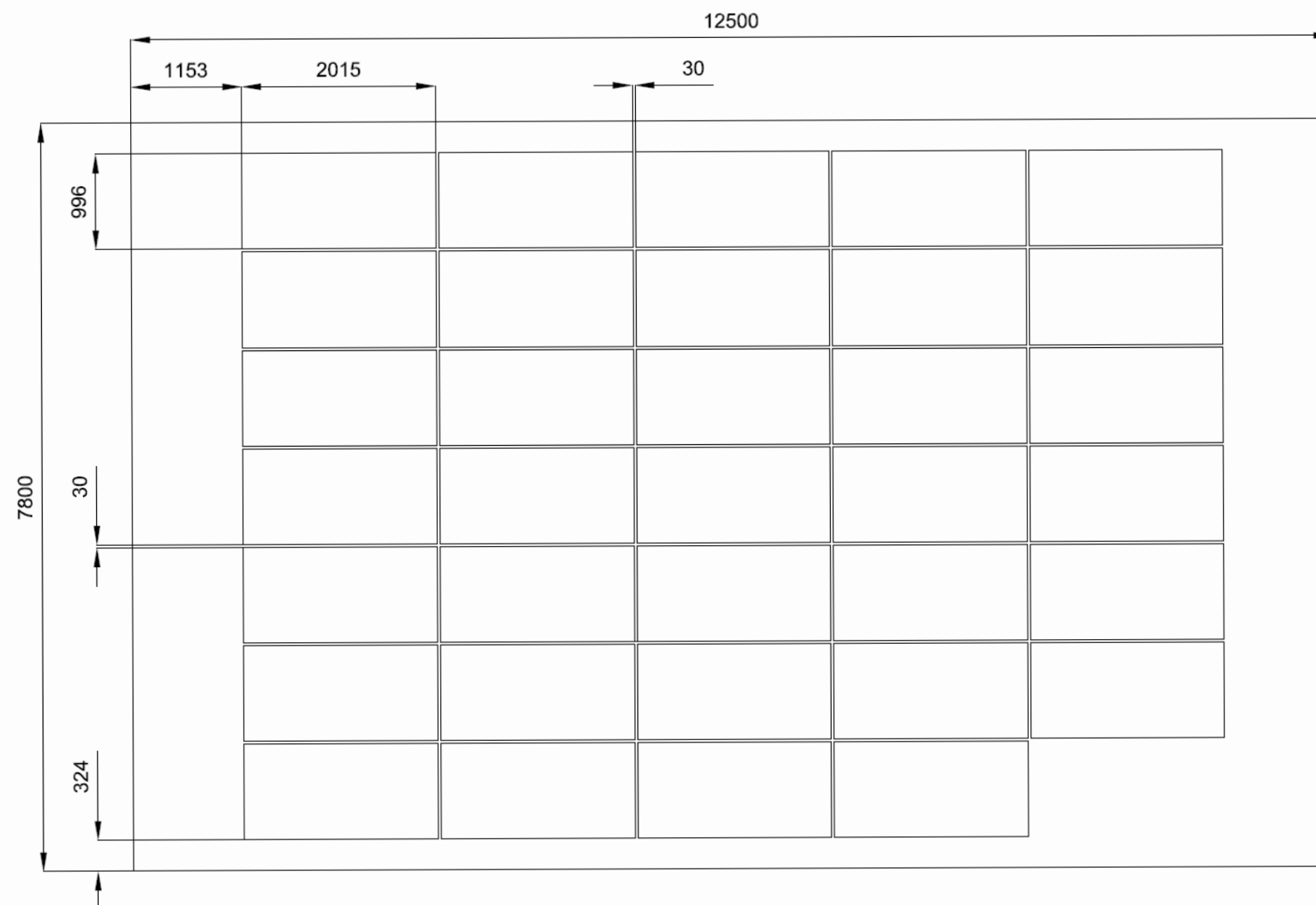


MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR
Y ESTUDIO COMPARATIVO CON UNA VIVIENDA BÁSICA

Perfil de la vivienda mejorada




FECHA: 12/08/2021
UNIDADES: mm
ORIENTACIÓN:  N
PLANO: 17



MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR
Y ESTUDIO COMPARATIVO CON UNA VIVIENDA BÁSICA

**Distribución de paneles en el tejado de la vivienda
mejorada**



FECHA: 12/08/2021
UNIDADES: mm
ORIENTACIÓN: 
PLANO: 18

ANEXO II. Consumo de Gasóleo - C de la vivienda de referencia

Factura	Del	Al	Días	Litros	Demanda al día (L/día)	Importe (€)	Coste del litro (€/L)	Coste al día (€/día)
dic-05	11/06/2005	23/12/2005	195	500	2,6	304,50	0,6090	1,56
mar-06	24/12/2005	04/03/2006	70	499	7,1	318,86	0,6390	4,56
dic-06	05/03/2006	07/12/2006	277	500	1,8	297,50	0,5950	1,07
abr-07	08/12/2006	24/04/2007	137	500	3,6	297,50	0,5950	2,17
abr-08	25/04/2007	01/04/2008	342	356	1,0	282,66	0,7940	0,83
nov-08	02/04/2008	12/11/2008	224	400	1,8	274,00	0,6850	1,22
feb-09	13/11/2008	05/02/2009	84	700	8,3	381,50	0,5450	4,54
dic-09	06/02/2009	18/12/2009	315	500	1,6	299,00	0,5980	0,95
feb-10	19/12/2009	16/02/2010	59	500	8,5	314,00	0,6280	5,32
oct-10	17/02/2010	30/10/2010	255	500	2,0	347,50	0,6950	1,36
ene-11	31/10/2010	31/01/2011	92	500	5,4	397,77	0,7955	4,32
sep-11	01/02/2011	29/09/2011	240	500	2,1	429,00	0,8580	1,79
feb-12	30/09/2011	21/02/2012	144	500	3,5	482,50	0,9650	3,35
oct-12	22/02/2012	27/10/2012	248	500	2,0	497,50	0,9950	2,01
mar-13	28/10/2012	26/03/2013	149	500	3,4	483,50	0,9670	3,24
nov-13	27/03/2013	11/11/2013	229	500	2,2	457,50	0,9150	2,00
oct-14	12/11/2013	01/10/2014	323	500	1,5	453,50	0,9070	1,40
feb-15	02/10/2014	26/02/2015	147	500	3,4	375,00	0,7500	2,55
dic-15	27/02/2015	12/12/2015	288	600	2,1	358,80	0,5980	1,25
nov-16	13/12/2015	09/11/2016	332	500	1,5	330,00	0,6600	0,99
abr-17	10/11/2016	15/04/2017	156	500	3,2	347,50	0,6950	2,23
ene-18	16/04/2017	13/01/2018	272	500	1,8	366,00	0,7320	1,35
nov-18	14/01/2018	08/11/2018	298	500	1,7	424,00	0,8480	1,42
jul-19	09/11/2018	12/07/2019	245	500	2,0	387,50	0,7750	1,58
mar-20	13/07/2019	26/03/2020	257	500	1,9	298,50	0,5970	1,16

ANEXO III. Demanda eléctrica diaria

Demanda eléctrica diaria para el periodo frío en la vivienda básica

	Aparato	Marca	Modelo	Cantidad	Horas	Potencia (W)	Consumo (kWh)
COCINA	Batidora de mano	Bosch	MSM2610B	1	0,17	600	0,10
	Cafetera de goteo	Moulinex	FG150813	1	0,5	600	0,30
	Extractor de humos	AEG	DUB1611M 942150698	1	0,75	180	0,14
	Fogones vitrocerámica	Cata	TDHN603	1			0,00
				1)Diámetro 180mm	0,25	1.800	0,45
				2)Diámetro 140mm	0,25	1.200	0,30
				3)Diámetro 270mm	0,25	2.400	0,60
	Horno eléctrico	Bosch	Serie6 Horno Acero inoxidable HBG579BS0	1	0,25	4.000	1,00
	Microondas	Balay	3WGX2018 17 litros, Grill, Acero inoxidable	1	0,25	800	0,20
	Frigorífico combinado	Balay	3KF6865X	1	N/A	160	0,49
	Sandwichera	IKOHS	STONE TOAST 750	1	0,17	750	0,13
BAÑO	Tostadora	Philips	HD2590/90	1	0,17	950	0,16
	Secador pelo	Babyliss	SECADORTURBO SHINE 2200	1	0,25	2.200	0,55
	Deshumidificador de aire	Equation	Equation 40L	1	2	1.060	2,12
	Caldera	BAXIROCA	GAVINA 30 GTI	1	9	345	3,11

	Aparato	Marca	Modelo	Cantidad	Horas	Potencia (W)	Consumo (kWh)
ILUMINACIÓN	Lámpara de Techo Orientable Mara 2 Focos			21			0,00
	Bombilla	Philips	GU10 PHILIPS Hue White 5,2W	42	5	5,2	1,09
	Lámpara de mesita y Lámpara de pie			7			0,00
	Bombilla	Philips	Bombilla E27 Filamento PHILIPS Hue White G93 7W	7	2	7	0,10
USO GENERAL	Aspirador con bolsa	Philips	FC8575/09	1	0,25	900	0,23
	Lavadora	Siemens	iQ500 Lavadora 8 kg 1400 rpm	1	N/A	2.000	0,37
	Plancha de vapor	Philips	GC4516/20	1	0,25	2.400	0,60
	Cargador de teléfono	Xiaomi	Mi A3	4	8	18	0,58
	Ordenador portátil	Acer	Nitro 5	3	3	135	1,22
	Base teléfono inalámbrico	Panasonic	KX-TG1712MEB	1	23	0,6	0,01
	Base teléfono inalámbrico (carga)	Panasonic	KX-TG1712MEB	1	1	3,3	0,00
	Televisión 32 pulgadas	Panasonic	TX-32DS500E	2	6	62	0,74
	Televisión 50 pulgadas	Panasonic	TX-P50X60E	1	3	240	0,72
	Videoconsola	Sony	PS4 (2016)	1	3	165	0,50
TOTAL						22.981	15,79

Demanda eléctrica diaria para el periodo cálido en la vivienda básica

	Aparato	Marca	Modelo	Cantidad	Horas	Potencia (W)	Consumo (kWh)
COCINA	Batidora de mano	Bosch	MSM2610B	1	0,17	600	0,10
	Cafetera de goteo	Moulinex	FG150813	1	0,50	600	0,30
	Extractor de humos	AEG	DUB1611M 942150698	1	0,75	180	0,14
	Fogones vitrocerámica	Cata	TDHN603	1			0,00
				1)Diámetro 180mm	0,25	1.800	0,45
				2)Diámetro 140mm	0,25	1.200	0,30
				3)Diámetro 270mm	0,25	2.400	0,60
	Horno eléctrico	Bosch	Serie6 Horno Acero inoxidable HBG579BS0	1	0,25	4.000	1,00
	Microondas	Balay	3WGX2018 17 litros, Grill, Acero inoxidable	1	0,25	800	0,20
	Frigorífico combinado	Balay	3KF6865X	1	N/A	160	0,49
	Sandwichera	IKOHS	STONE TOAST 750	1	0,17	750	0,13
	Tostadora	Philips	HD2590/90	1	0,17	950	0,16
BAÑO	Secador pelo	Babyliss	SECADORTURBO SHINE 2200	1	0,25	2.200	0,55
	Deshumidificador de aire	Equation	Equation 40L	1	1	1.060	1,06
	Caldera	BAXIROCA	GAVINA 30 GTI	1	3	345	1,04

	Aparato	Marca	Modelo	Cantidad	Horas	Potencia (W)	Consumo (kWh)
ILUMINACIÓN	Lámpara de Techo Orientable Mara 2 Focos			21			0,00
	Bombilla	Philips	GU10 PHILIPS Hue White 5,2W	42	3	5,2	0,66
	Lámpara de mesita y Lámpara de pie			7			0,00
	Bombilla	Philips	Bombilla E27 Filamento PHILIPS Hue White G93 7W	7	1	7	0,05
USO GENERAL	Aspirador con bolsa	Philips	FC8575/09	1	0,25	900	0,23
	Lavadora	Siemens	iQ500 Lavadora 8 kg 1400 rpm	1	N/A	2.000	0,37
	Plancha de vapor	Philips	GC4516/20	1	0,25	2.400	0,60
	Cargador de teléfono	Xiaomi	Mi A3	4	8	18	0,58
	Ordenador portátil	Acer	Nitro 5	3	3	135	1,22
	Base teléfono inalámbrico	Panasonic	KX-TG1712MEB	1	23	0,6	0,01
	Base teléfono inalámbrico (carga)	Panasonic	KX-TG1712MEB	1	1	3,3	0,00
	Televisión 32 pulgadas	Panasonic	TX-32DS500E	2	6	62	0,74
	Televisión 50 pulgadas	Panasonic	TX-P50X60E	1	3	240	0,72
	Videoconsola	Sony	PS4 (2016)	1	3	165	0,50
TOTAL						22.981	12,18

Demanda eléctrica diaria para el periodo frío en la vivienda mejorada

	Aparato	Marca	Modelo	Cantidad	Horas	Potencia (W)	Consumo (kWh)
COCINA	Batidora de mano	Bosch	MSM2610B	1	0,17	600	0,10
	Cafetera de goteo	Moulinex	FG150813	1	0,5	600	0,30
	Extractor de humos	AEG	DUB1611M 942150698	1	0,75	180	0,14
	Fogones vitrocerámica	Cata	TDHN603	1			0,00
				1)Diámetro 180mm	0,25	1.800	0,45
				2)Diámetro 140mm	0,25	1.200	0,30
				3)Diámetro 270mm	0,25	2.400	0,60
	Horno eléctrico	Bosch	Serie6 Horno Acero inoxidable HBG579BS0	1	0,25	4.000	1,00
	Microondas	Balay	3WGX2018 17 litros, Grill, Acero inoxidable	1	0,25	800	0,20
	Frigorífico combinado	Balay	3KF6865X	1	N/A	160	0,49
	Sandwichera	IKOHS	STONE TOAST 750	1	0,17	750	0,13
	Tostadora	Philips	HD2590/90	1	0,17	950	0,16
BAÑO	Secador pelo	Babyliss	SECADORTURBO SHINE 2200	1	0,25	2.200	0,55
	Deshumidificador	Equalation	Equalation 40l	1	1	1.060	1,06
CALDERA	Caldera	EKOGREN	EG MULTIFUEL 17kW	1	6	2.400	14,40
	Peletizadora	Ecofricalia	PLT50	1	0,25	2.800	0,70
	Trituradora	Ecofricalia	Refinador WOODSTOCK 3PH	1	0,25	3.000	0,75

	Aparato	Marca	Modelo	Cantidad	Horas	Potencia (W)	Consumo (kWh)
ILUMINACIÓN							
	Lámpara LED de Techo Orientable Bari 2 Focos Negro			21	3,5	8	0,59
	Lámpara de mesita y Lámpara de pie			7			0,00
USO GENERAL	Bombilla	Philips	Bombilla E27 Filamento PHILIPS Hue White G93 7W	7	2	7	0,10
	Aspirador con bolsa	Philips	FC8575/09	1	0,25	900	0,23
	Lavadora	Siemens	iQ500 Lavadora 8 kg 1400 rpm	1	N/A	2.000	0,37
	Plancha de vapor	Philips	GC4516/20	1	0,25	2.400	0,60
	Cargador de teléfono	Xiaomi	Mi A3	4	8	18	0,58
	Ordenador portátil	Acer	Nitro 5	3	3	135	1,22
	Base teléfono inalámbrico	Panasonic	KX-TG1712MEB	1	23	0,6	0,01
	Base teléfono inalámbrico (carga)	Panasonic	KX-TG1712MEB	1	1	3,3	0,00
	Televisión 32 pulgadas	Panasonic	TX-32DS500E	2	6	62	0,74
	Televisión 50 pulgadas	Panasonic	TX-P50X60E	1	3	240	0,72
	Videoconsola	Sony	PS4 (2016)	1	3	165	0,50
TOTAL						30.839	26,97

Demanda eléctrica diaria para el periodo cálido en la vivienda mejorada

	Aparato	Marca	Modelo	Cantidad	Horas	Potencia (W)	Consumo (kWh)
COCINA	Batidora de mano	Bosch	MSM2610B	1	0,17	600	0,10
	Cafetera de goteo	Moulinex	FG150813	1	0,5	600	0,30
	Extractor de humos	AEG	DUB1611M 942150698	1	0,75	180	0,14
	Fogones vitrocerámica	Cata	TDHN603	1			0,00
				1)Diámetro 180mm	0,25	1.800	0,45
				2)Diámetro 140mm	0,25	1.200	0,30
				3)Diámetro 270mm	0,25	2.400	0,60
	Horno eléctrico	Bosch	Serie6 Horno Acero inoxidable HBG579BS0	1	0,25	4.000	1,00
	Microondas	Balay	3WGX2018 17 litros, Grill, Acero inoxidable	1	0,25	800	0,20
	Frigorífico combinado	Balay	3KF6865X	1	N/A	160	0,49
	Sandwichera	IKOHS	STONE TOAST 750	1	0,17	750	0,13
	Tostadora	Philips	HD2590/90	1	0,17	950	0,16
BAÑO	Secador pelo	Babyliss	SECADORTURBO SHINE 2200	1	0,25	2.200	0,55
	Deshumidificador	Equalation	Equalation 40l	1	1	1.060	1,06
CALDERA	Caldera	EKOGREN	EG MULTIFUEL 17kW	1	3	2.400	7,20
	Peletizadora	Ecofricalia	PLT50	1	0,25	2.800	0,70
	Trituradora	Ecofricalia	Refinador WOODSTOCK 3PH	1	0,25	3.000	0,75

	Aparato	Marca	Modelo	Cantidad	Horas	Potencia (W)	Consumo (kWh)
ILUMINACIÓN	Lámpara LED de Techo Orientable Bari 2 Focos Negro			21	2	8	0,34
	Lámpara de mesita y Lámpara de pie			7			0,00
	Bombilla	Philips	Bombilla E27 Filamento PHILIPS Hue White G93 7W	7	1	7	0,05
USO GENERAL	Aspirador con bolsa	Philips	FC8575/09	1	0,25	900	0,23
	Lavadora	Siemens	iQ500 Lavadora 8 kg 1400 rpm	1	N/A	2.000	0,37
	Plancha de vapor	Philips	GC4516/20	1	0,25	2.400	0,60
	Cargador de teléfono	Xiaomi	Mi A3	4	8	18	0,58
	Ordenador portátil	Acer	Nitro 5	3	3	135	1,22
	Base teléfono inalámbrico	Panasonic	KX-TG1712MEB	1	23	0,6	0,01
	¿?			1	1	3,3	0,00
	Televisión 32 pulgadas	Panasonic	TX-32DS500E	2	6	62	0,74
	Televisión 50 pulgadas	Panasonic	TX-P50X60E	1	3	240	0,72
	Videoconsola	Sony	PS4 (2016)	1	3	165	0,50
TOTAL						30.839	19,47

ANEXO IV. Consumo eléctrico de la vivienda de referencia

Consumo eléctrico para el periodo frío en la vivienda de referencia

Factura	Días	Demanda (kWh)	Demanda en un día (kWh/día)	Importe (€)	Coste del kWh (€/kWh)	Coste al día (€/día)
may-11	61	853	13,98	162,53	0,1905	2,66
jul-11	59	349	5,92	82,82	0,2373	1,40
oct-11	59	1.132	19,19	212,61	0,1878	3,60
dic-11	62	467	7,53	108,84	0,2331	1,76
may-12	62	1.154	18,61	255,38	0,2213	4,12
jul-12	59	661	11,20	150,93	0,2283	2,56
sep-12	63	990	15,71	240,21	0,2426	3,81
nov-12	61	659	10,80	178,24	0,2705	2,92
abr-13	40	581	14,53	131,54	0,2264	3,29
jul-13	81	1.064	13,14	233,58	0,2195	2,88
sep-13	54	593	10,98	143,03	0,2412	2,65
nov-13	60	716	11,93	170,23	0,2378	2,84
may-14	60	714	11,90	169,10	0,2368	2,82
jul-14	60	678	11,30	163,40	0,2410	2,72
sep-14	61	668	10,95	164,72	0,2466	2,70
nov-14	59	721	12,22	180,14	0,2498	3,05
may-15	60	903	15,05	215,43	0,2386	3,59
jul-15	60	732	12,20	185,42	0,2533	3,09
jul-15	19	202	10,63	54,32	0,2689	2,86
sep-15	41	492	12,00	124,00	0,2520	3,02
may-16	60	987	16,45	228,38	0,2314	3,81
jul-16	60	798	13,30	196,30	0,2460	3,27
sep-16	61	687	11,26	186,78	0,2719	3,06
nov-16	60	707	11,78	193,62	0,2739	3,23

Factura	Días	Demanda (kWh)	Demanda en un día (kWh/día)	Importe (€)	Coste del kWh (€/kWh)	Coste al día (€/día)
may-17	60	707	11,78	196,21	0,2775	3,27
jul-17	60	623	10,38	180,93	0,2904	3,02
sep-17	61	650	10,66	195,06	0,3001	3,20
nov-17	60	639	10,65	190,39	0,2979	3,17
may-18	60	780	13,00	217,46	0,2788	3,62
jul-18	60	624	10,40	187,07	0,2998	3,12
sep-18	61	648	10,62	201,15	0,3104	3,30
nov-18	60	646	10,77	206,53	0,3197	3,44
may-19	60	513	8,55	179,89	0,3507	3,00
jul-19	60	500	8,33	177,29	0,3546	2,95
sep-19	61	510	8,36	206,01	0,4039	3,38
nov-19	60	603	10,05	205,62	0,3410	3,43
may-20	60	723	12,05	230,49	0,3188	3,84
jul-20	61	674	11,05	215,32	0,3195	3,53

Periodo cálido	Días	Demanda (kWh)	Demanda en un día (kWh/día)	Importe (€)	Coste del kWh (€/kWh)	Coste al día (€/día)
Media	58,6	693	11,82	182,13	0,2687	3,11
Máximo	81,0	1.154	19,19	255,38	0,4039	4,12
Mínimo	19,0	202	5,92	54,32	0,1878	1,40

Consumo eléctrico para el periodo frío en la vivienda de referencia

Factura	Días	Demanda (kWh)	Demanda en un día (kWh/día)	Importe (€)	Coste del kWh (€/kWh)	Coste al día (€/día)
mar-11	56	996	17,79	176,02	0,1767	3,14
feb-12	61	1.348	22,10	256,01	0,1899	4,20
abr-12	56	543	9,70	122,94	0,2264	2,20
ene-13	59	1.305	22,12	284,90	0,2183	4,83
mar-13	55	525	9,55	128,71	0,2452	2,34
ene-14	60	879	14,65	198,04	0,2253	3,30
mar-14	58	834	14,38	187,53	0,2249	3,23
ene-15	60	1.006	16,77	230,19	0,2288	3,84
mar-15	58	1.055	18,19	240,26	0,2277	4,14
mar-16	59	1.009	17,10	231,11	0,2290	3,92
ene-17	60	855	14,25	220,56	0,2580	3,68
mar-17	58	848	14,62	218,15	0,2573	3,76
ene-18	60	858	14,30	232,44	0,2709	3,87
mar-18	58	841	14,50	226,97	0,2699	3,91
ene-19	60	736	12,27	224,56	0,3051	3,74
mar-19	58	724	12,48	235,47	0,3252	4,06
ene-20	60	824	13,73	252,65	0,3066	4,21
mar-20	59	705	11,95	231,48	0,3283	3,92

Periodo frío	Días	Demanda (kWh)	Demanda en un día (kWh/día)	Importe (€)	Coste del kWh (€/kWh)	Coste al día (€/día)
Media	58,6	883	15,02	216,56	0,2508	3,68
Máximo	61,0	1.348	22,12	284,90	0,3283	4,83
Mínimo	55,0	525	9,55	122,94	0,1767	2,20

ANEXO V. Irradiación global con el ángulo óptimo 2005-2016

Mes	Irradiación global para el ángulo óptimo (kWh/m ² mes)											
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	65,09	65,38	52,38	84,85	63,83	51,48	60,31	89,78	66,39	62,52	68,43	57,49
Febrero	64,06	94,02	88,71	109,48	119,03	58,97	98,10	88,88	61,86	78,76	46,77	76,71
Marzo	137,60	101,58	120,75	135,13	172,98	113,09	131,75	179,03	85,36	151,2	139,74	130,81
Abril	149,59	158,32	154,66	156,87	174,78	172,23	174,31	118,23	139,64	163,59	164,83	153,24
Mayo	184,69	201,92	171,46	150,03	210,45	168,78	186,42	189,26	159,94	186,25	189,06	189,65
Junio	217,83	201,17	186,33	180,34	185,92	177,85	185,15	189,60	179,58	200,45	195,74	171,93
Julio	231,76	215,63	228,41	216,12	228,72	234,84	217,19	218,82	219,64	203,31	223,34	169,29
Agosto	218,19	208,11	188,32	212,33	207,56	218,60	204,70	217,30	214,36	205,80	208,05	187,45
Septiembre	182,44	160,13	176,39	166,79	177,8	165,58	194,03	155,54	178,01	170,00	162,56	143,59
Octubre	132,13	118,41	129,22	128,97	131,96	125,58	162,31	117,88	107,12	146,89	118,19	120,50
Noviembre	77,34	84,38	108,62	53,11	79,98	77,71	77,28	65,36	56,69	57,50	91,11	69,44
Diciembre	76,95	76,58	86,64	59,04	43,68	64,23	86,32	54,86	85,22	73,75	77,02	80,84

ANEXO VI. Análisis económico**Escenario 1**

	Año 0 2021	Año 1 2022	Año 2 2023	Año 3 2024	Año 4 2025	Año 5 2026	Año 6 2027	Año 7 2028	Año 8 2029	Año 9 2030	Año 10 2031
Incremento precio petróleo	-	8,8%	10,7%	12,8%	14,9%	17,0%	19,2%	21,5%	23,9%	26,3%	28,8%
Gasto de referencia de Gasóleo - C 755,97 €	-	66,27 €	81,15 €	96,49 €	112,28 €	128,55 €	145,30 €	162,56 €	180,33 €	198,64 €	217,49 €
Ahorro en Gasóleo - C	-	822,24 €	837,12 €	852,46 €	868,25 €	884,52 €	901,27 €	918,53 €	936,30 €	954,61 €	973,46 €
Incremento precio electricidad	-	3,0%	6,0%	9,0%	12,0%	15,0%	18,0%	21,0%	24,0%	27,0%	30,0%
Gasto de referencia de electricidad 1.210,25 €	-	36,31 €	72,61 €	108,92 €	145,23 €	181,54 €	217,84 €	254,15 €	290,46 €	326,77 €	363,07 €
Ahorro en electricidad	-	1.246,56 €	1.282,86 €	1.319,17 €	1.355,48 €	1.391,79 €	1.428,09 €	1.464,40 €	1.500,71 €	1.537,02 €	1.573,32 €
Inversión inicial	-47.625,75 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Variación de flujo	-47.625,75 €	2.068,79 €	2.119,99 €	2.171,63 €	2.223,73 €	2.276,31 €	2.329,37 €	2.382,93 €	2.437,01 €	2.491,63 €	2.546,79 €
Flujo acumulado	-47.625,75 €	-45.556,96 €	-43.436,97 €	-41.265,34 €	-39.041,61 €	-36.765,30 €	-34.435,93 €	-32.053,00 €	-29.615,99 €	-27.124,36 €	-24.577,58 €
VAN	-47.625,75 €	-45.617,21 €	-43.618,92 €	-41.631,57 €	-39.655,82 €	-37.692,25 €	-35.741,45 €	-33.803,90 €	-31.880,10 €	-29.970,48 €	-28.075,43 €
TIR	-	-95,7%	-76,6%	-58,5%	-44,8%	-34,8%	-27,4%	-21,7%	-17,3%	-13,9%	-11,1%

	Año 11 2032	Año 12 2033	Año 13 2034	Año 14 2035	Año 15 2036	Año 16 2037	Año 17 2038	Año 18 2039	Año 19 2040	Año 20 2041
Incremento precio petróleo	31,3%	34,0%	36,7%	39,5%	42,4%	45,4%	48,4%	51,6%	54,8%	58,2%
Gasto de referencia de Gasóleo – C 755,97 €	236,91 €	256,91 €	277,50 €	298,71 €	320,55 €	343,05 €	366,21 €	390,06 €	414,63 €	439,92 €
Ahorro en Gasóleo - C	992,88 €	1.012,88 €	1.033,47 €	1.054,68 €	1.076,52 €	1.099,01 €	1.122,18 €	1.146,03 €	1.170,60 €	1.195,89 €
Incremento precio electricidad	33,0%	36,0%	39,0%	42,0%	45,0%	48,0%	51,0%	54,0%	57,0%	60,0%
Gasto de referencia de electricidad 1.210,25 €	399,38 €	435,69 €	472,00 €	508,30 €	544,61 €	580,92 €	617,23 €	653,53 €	689,84 €	726,15 €
Ahorro en electricidad	1.609,63 €	1.645,94 €	1.682,25 €	1.718,55 €	1.754,86 €	1.791,17 €	1.827,48 €	1.863,78 €	1.900,09 €	1.936,40 €
Inversión inicial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Variación de flujo	2.602,51 €	2.658,82 €	2.715,72 €	2.773,23 €	2.831,38 €	2.890,18 €	2.949,66 €	3.009,82 €	3.070,69 €	3.132,29 €
Flujo acumulado	-21.975,07 €	-19.316,25 €	-16.600,53 €	-13.827,30 €	-10.995,92 €	-8.105,73 €	-5.156,07 €	-2.146,26 €	924,43 €	4.056,73 €
VAN	-26.195,32 €	-24.330,48 €	-22.481,21 €	-20.647,78 €	-18.830,42 €	-17.029,35 €	-15.244,76 €	-13.476,81 €	-11.725,64 €	-9.991,36 €
TIR	-8,8%	-7,0%	-5,4%	-4,1%	-3,0%	-2,0%	-1,2%	-0,5%	0,2%	0,7%

Escenario 2

	Año 0 2021	Año 1 2022	Año 2 2023	Año 3 2024	Año 4 2025	Año 5 2026	Año 6 2027	Año 7 2028	Año 8 2029	Año 9 2030	Año 10 2031
Incremento precio petróleo	-	10,0%	11,3%	12,6%	13,8%	15,1%	16,4%	17,7%	18,9%	20,2%	21,5%
Gasto de referencia de Gasóleo – C 755,97 €	-	75,78 €	85,42 €	95,06 €	104,69 €	114,33 €	123,97 €	133,60 €	143,24 €	152,88 €	162,52 €
Ahorro en Gasóleo - C	-	831,75 €	841,39 €	851,03 €	860,66 €	870,30 €	879,94 €	889,57 €	899,21 €	908,85 €	918,49 €
Incremento precio electricidad	-	5,0%	10,0%	15,0%	20,0%	25,0%	30,0%	35,0%	40,0%	45,0%	50,0%
Gasto de referencia de electricidad 1.210,25 €	-	60,51 €	121,02 €	181,54 €	242,05 €	302,56 €	363,07 €	423,59 €	484,10 €	544,61 €	605,12 €
Ahorro en electricidad	-	1.270,76 €	1.331,27 €	1.391,79 €	1.452,30 €	1.512,81 €	1.573,32 €	1.633,84 €	1.694,35 €	1.754,86 €	1.815,37 €
Inversión inicial	-47.625,75 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Variación de flujo	-47.625,75 €	2.102,51 €	2.172,66 €	2.242,81 €	2.312,96 €	2.383,11 €	2.453,26 €	2.523,41 €	2.593,56 €	2.663,71 €	2.733,86 €
Flujo acumulado	-47.625,75 €	-45.523,24 €	-43.350,57 €	-41.107,76 €	-38.794,80 €	-36.411,68 €	-33.958,42 €	-31.435,01 €	-28.841,45 €	-26.177,74 €	-23.443,88 €
VAN	-47.625,75 €	-45.584,47 €	-43.536,53 €	-41.484,04 €	-39.429,00 €	-37.373,31 €	-35.318,74 €	-33.266,98 €	-31.219,59 €	-29.178,08 €	-27.143,83 €
TIR	-	-95,6%	-76,3%	-58,0%	-44,2%	-34,2%	-26,7%	-21,0%	-16,6%	-13,2%	-10,4%

	Año 11 2032	Año 12 2033	Año 13 2034	Año 14 2035	Año 15 2036	Año 16 2037	Año 17 2038	Año 18 2039	Año 19 2040	Año 20 2041
Incremento precio petróleo	22,8%	24,0%	25,3%	26,6%	27,9%	29,1%	30,4%	31,7%	33,0%	34,2%
Gasto de referencia de Gasóleo – C 755,97 €	172,15 €	181,79 €	191,43 €	201,06 €	210,70 €	220,34 €	229,98 €	239,61 €	249,25 €	258,89 €
Ahorro en Gasóleo - C	928,12 €	937,76 €	947,40 €	957,03 €	966,67 €	976,31 €	985,95 €	995,58 €	1.005,22 €	1.014,86 €
Incremento precio electricidad	55,0%	60,0%	65,0%	70,0%	75,0%	80,0%	85,0%	90,0%	95,0%	100,0%
Gasto de referencia de electricidad 1.210,25 €	665,64 €	726,15 €	786,66 €	847,17 €	907,69 €	968,20 €	1.028,71 €	1.089,22 €	1.149,74 €	1.210,25 €
Ahorro en electricidad	1.875,89 €	1.936,40 €	1.996,91 €	2.057,42 €	2.117,94 €	2.178,45 €	2.238,96 €	2.299,47 €	2.359,99 €	2.420,50 €
Inversión inicial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Variación de flujo	2.804,01 €	2.874,16 €	2.944,31 €	3.014,46 €	3.084,61 €	3.154,76 €	3.224,91 €	3.295,06 €	3.365,21 €	3.435,36 €
Flujo acumulado	-20.639,87 €	-17.765,71 €	-14.821,40 €	-11.806,94 €	-8.722,33 €	-5.567,58 €	-2.342,67 €	952,39 €	4.317,60 €	7.752,95 €
VAN	-25.118,16 €	-23.102,28 €	-21.097,35 €	-19.104,44 €	-17.124,54 €	-15.158,60 €	-13.207,48 €	-11.271,98 €	-9.352,85 €	-7.450,78 €
TIR	-8,1%	-6,3%	-4,7%	-3,4%	-2,3%	-1,3%	-0,5%	0,2%	0,8%	1,4%

Escenario 3

	Año 0 2021	Año 1 2022	Año 2 2023	Año 3 2024	Año 4 2025	Año 5 2026	Año 6 2027	Año 7 2028	Año 8 2029	Año 9 2030	Año 10 2031
Incremento precio petróleo	-	10,5%	12,5%	14,6%	16,8%	19,0%	21,3%	23,6%	26,1%	28,6%	31,2%
Gasto de referencia de Gasóleo – C 755,97 €	-	79,34 €	94,68 €	110,50 €	126,81 €	143,61 €	160,93 €	178,78 €	197,17 €	216,14 €	235,68 €
Ahorro en Gasóleo - C	-	835,31 €	850,65 €	866,47 €	882,78 €	899,58 €	916,90 €	934,75 €	953,14 €	972,10 €	991,65 €
Incremento precio electricidad	-	7,0%	14,0%	21,0%	28,0%	35,0%	42,0%	49,0%	56,0%	63,0%	70,0%
Gasto de referencia de electricidad 1.210,25 €	-	84,72 €	169,43 €	254,15 €	338,87 €	423,59 €	508,30 €	593,02 €	677,74 €	762,46 €	847,17 €
Ahorro en electricidad	-	1.294,97 €	1.379,68 €	1.464,40 €	1.549,12 €	1.633,84 €	1.718,55 €	1.803,27 €	1.887,99 €	1.972,71 €	2.057,42 €
Inversión inicial	-47.625,75 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Variación de flujo	-47.625,75 €	2.130,27 €	2.230,34 €	2.330,88 €	2.431,90 €	2.533,42 €	2.635,45 €	2.738,02 €	2.841,13 €	2.944,81 €	3.049,07 €
Flujo acumulado	-47.625,75 €	-45.495,48 €	-43.265,14 €	-40.934,26 €	-38.502,37 €	-35.968,95 €	-33.333,50 €	-30.595,48 €	-27.754,34 €	-24.809,53 €	-21.760,46 €
VAN	-47.625,75 €	-45.557,52 €	-43.455,21 €	-41.322,13 €	-39.161,43 €	-36.976,08 €	-34.768,93 €	-32.542,67 €	-30.299,85 €	-28.042,90 €	-25.774,10 €
TIR	-	-95,5%	-76,0%	-57,5%	-43,5%	-33,3%	-25,8%	-20,0%	-15,6%	-12,1%	-9,4%

	Año 11 2032	Año 12 2033	Año 13 2034	Año 14 2035	Año 15 2036	Año 16 2037	Año 17 2038	Año 18 2039	Año 19 2040	Año 20 2041
Incremento precio petróleo	33,8%	36,6%	39,4%	42,3%	45,3%	48,4%	51,6%	54,9%	58,3%	61,8%
Gasto de referencia de Gasóleo – C 755,97 €	255,82 €	276,58 €	297,97 €	320,02 €	342,75 €	366,18 €	390,32 €	415,20 €	440,85 €	467,28 €
Ahorro en Gasóleo - C	1.011,79 €	1.032,55 €	1.053,94 €	1.075,99 €	1.098,72 €	1.122,15 €	1.146,29 €	1.171,17 €	1.196,82 €	1.223,25 €
Incremento precio electricidad	77,0%	84,0%	91,0%	98,0%	105,0%	112,0%	119,0%	126,0%	133,0%	140,0%
Gasto de referencia de electricidad 1.210,25 €	931,89 €	1.016,61 €	1.101,33 €	1.186,04 €	1.270,76 €	1.355,48 €	1.440,20 €	1.524,91 €	1.609,63 €	1.694,35 €
Ahorro en electricidad	2.142,14 €	2.226,86 €	2.311,58 €	2.396,29 €	2.481,01 €	2.565,73 €	2.650,45 €	2.735,16 €	2.819,88 €	2.904,60 €
Inversión inicial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Variación de flujo	3.153,93 €	3.259,41 €	3.365,52 €	3.472,29 €	3.579,73 €	3.687,88 €	3.796,74 €	3.906,34 €	4.016,70 €	4.127,85 €
Flujo acumulado	-18.606,53 €	-15.347,12 €	-11.981,60 €	-8.509,31 €	-4.929,58 €	-1.241,70 €	2.555,04 €	6.461,37 €	10.478,07 €	14.605,92 €
VAN	-23.495,63 €	-21.209,55 €	-18.917,79 €	-16.622,20 €	-14.324,51 €	-12.026,35 €	-9.729,26 €	-7.434,70 €	-5.144,03 €	-2.858,54 €
TIR	-7,1%	-5,2%	-3,7%	-2,3%	-1,2%	-0,3%	0,5%	1,2%	1,9%	2,4%

Escenario 1 con subvención

	Año 0 2021	Año 1 2022	Año 2 2023	Año 3 2024	Año 4 2025	Año 5 2026	Año 6 2027	Año 7 2028	Año 8 2029	Año 9 2030	Año 10 2031
Incremento precio petróleo	-	8,8%	10,7%	12,8%	14,9%	17,0%	19,2%	21,5%	23,9%	26,3%	28,8%
Gasto de referencia de Gasóleo – C 755,97 €	-	66,27 €	81,15 €	96,49 €	112,28 €	128,55 €	145,30 €	162,56 €	180,33 €	198,64 €	217,49 €
Ahorro en Gasóleo - C	-	822,24 €	837,12 €	852,46 €	868,25 €	884,52 €	901,27 €	918,53 €	936,30 €	954,61 €	973,46 €
Incremento precio electricidad	-	3,0%	6,0%	9,0%	12,0%	15,0%	18,0%	21,0%	24,0%	27,0%	30,0%
Gasto de referencia de electricidad 1.210,25 €	-	36,31 €	72,61 €	108,92 €	145,23 €	181,54 €	217,84 €	254,15 €	290,46 €	326,77 €	363,07 €
Ahorro en electricidad	-	1.246,56 €	1.282,86 €	1.319,17 €	1.355,48 €	1.391,79 €	1.428,09 €	1.464,40 €	1.500,71 €	1.537,02 €	1.573,32 €
Inversión inicial	-33.624,79 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Variación de flujo	-33.624,79 €	2.068,79 €	2.119,99 €	2.171,63 €	2.223,73 €	2.276,31 €	2.329,37 €	2.382,93 €	2.437,01 €	2.491,63 €	2.546,79 €
Flujo acumulado	-33.624,79 €	-31.555,99 €	-29.436,01 €	-27.264,38 €	-25.040,65 €	-22.764,34 €	-20.434,97 €	-18.052,04 €	-15.615,03 €	-13.123,40 €	-10.576,62 €
VAN	-33.624,79 €	-31.616,25 €	-29.617,96 €	-27.630,61 €	-25.654,85 €	-23.691,29 €	-21.740,48 €	-19.802,94 €	-17.879,14 €	-15.969,52 €	-14.074,47 €
TIR	-	-93,8%	-71,6%	-52,3%	-38,4%	-28,5%	-21,3%	-15,9%	-11,9%	-8,7%	-6,2%

	Año 11 2032	Año 12 2033	Año 13 2034	Año 14 2035	Año 15 2036	Año 16 2037	Año 17 2038	Año 18 2039	Año 19 2040	Año 20 2041
Incremento precio petróleo	31,3%	34,0%	36,7%	39,5%	42,4%	45,4%	48,4%	51,6%	54,8%	58,2%
Gasto de referencia de Gasóleo – C 755,97 €	236,91 €	256,91 €	277,50 €	298,71 €	320,55 €	343,05 €	366,21 €	390,06 €	414,63 €	439,92 €
Ahorro en Gasóleo - C	992,88 €	1.012,88 €	1.033,47 €	1.054,68 €	1.076,52 €	1.099,01 €	1.122,18 €	1.146,03 €	1.170,60 €	1.195,89 €
Incremento precio electricidad	33,0%	36,0%	39,0%	42,0%	45,0%	48,0%	51,0%	54,0%	57,0%	60,0%
Gasto de referencia de electricidad 1.210,25 €	399,38 €	435,69 €	472,00 €	508,30 €	544,61 €	580,92 €	617,23 €	653,53 €	689,84 €	726,15 €
Ahorro en electricidad	1.609,63 €	1.645,94 €	1.682,25 €	1.718,55 €	1.754,86 €	1.791,17 €	1.827,48 €	1.863,78 €	1.900,09 €	1.936,40 €
Inversión inicial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Variación de flujo	2.602,51 €	2.658,82 €	2.715,72 €	2.773,23 €	2.831,38 €	2.890,18 €	2.949,66 €	3.009,82 €	3.070,69 €	3.132,29 €
Flujo acumulado	-7.974,11 €	-5.315,29 €	-2.599,57 €	173,66 €	3.005,05 €	5.895,23 €	8.844,89 €	11.854,70 €	14.925,39 €	18.057,69 €
VAN	-12.194,36 €	-10.329,52 €	-8.480,25 €	-6.646,82 €	-4.829,46 €	-3.028,39 €	-1.243,80 €	524,15 €	2.275,32 €	4.009,60 €
TIR	-4,1%	-2,5%	-1,1%	0,1%	1,0%	1,9%	2,6%	3,2%	3,7%	4,2%

Escenario 2 con subvención

	Año 0 2021	Año 1 2022	Año 2 2023	Año 3 2024	Año 4 2025	Año 5 2026	Año 6 2027	Año 7 2028	Año 8 2029	Año 9 2030	Año 10 2031
Incremento precio petróleo	-	10,0%	11,3%	12,6%	13,8%	15,1%	16,4%	17,7%	18,9%	20,2%	21,5%
Gasto de referencia de Gasóleo – C 755,97 €	-	75,78 €	85,42 €	95,06 €	104,69 €	114,33 €	123,97 €	133,60 €	143,24 €	152,88 €	162,52 €
Ahorro en Gasóleo - C	-	831,75 €	841,39 €	851,03 €	860,66 €	870,30 €	879,94 €	889,57 €	899,21 €	908,85 €	918,49 €
Incremento precio electricidad	-	5,0%	10,0%	15,0%	20,0%	25,0%	30,0%	35,0%	40,0%	45,0%	50,0%
Gasto de referencia de electricidad 1.210,25 €	-	60,51 €	121,02 €	181,54 €	242,05 €	302,56 €	363,07 €	423,59 €	484,10 €	544,61 €	605,12 €
Ahorro en electricidad	-	1.270,76 €	1.331,27 €	1.391,79 €	1.452,30 €	1.512,81 €	1.573,32 €	1.633,84 €	1.694,35 €	1.754,86 €	1.815,37 €
Inversión inicial	-33.624,79 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Variación de flujo	-33.624,79 €	2.102,51 €	2.172,66 €	2.242,81 €	2.312,96 €	2.383,11 €	2.453,26 €	2.523,41 €	2.593,56 €	2.663,71 €	2.733,86 €
Flujo acumulado	-33.624,79 €	-31.522,27 €	-29.349,61 €	-27.106,80 €	-24.793,84 €	-22.410,72 €	-19.957,46 €	-17.434,05 €	-14.840,49 €	-12.176,78 €	-9.442,92 €
VAN	-33.624,79 €	-31.583,51 €	-29.535,57 €	-27.483,08 €	-25.428,04 €	-23.372,35 €	-21.317,78 €	-19.266,01 €	-17.218,63 €	-15.177,12 €	-13.142,87 €
TIR	-	-93,7%	-71,3%	-51,7%	-37,7%	-27,8%	-20,5%	-15,2%	-11,1%	-7,9%	-5,4%

	Año 11 2032	Año 12 2033	Año 13 2034	Año 14 2035	Año 15 2036	Año 16 2037	Año 17 2038	Año 18 2039	Año 19 2040	Año 20 2041
Incremento precio petróleo	22,8%	24,0%	25,3%	26,6%	27,9%	29,1%	30,4%	31,7%	33,0%	34,2%
Gasto de referencia de Gasóleo – C 755,97 €	172,15 €	181,79 €	191,43 €	201,06 €	210,70 €	220,34 €	229,98 €	239,61 €	249,25 €	258,89 €
Ahorro en Gasóleo - C	928,12 €	937,76 €	947,40 €	957,03 €	966,67 €	976,31 €	985,95 €	995,58 €	1.005,22 €	1.014,86 €
Incremento precio electricidad	55,0%	60,0%	65,0%	70,0%	75,0%	80,0%	85,0%	90,0%	95,0%	100,0%
Gasto de referencia de electricidad 1.210,25 €	665,64 €	726,15 €	786,66 €	847,17 €	907,69 €	968,20 €	1.028,71 €	1.089,22 €	1.149,74 €	1.210,25 €
Ahorro en electricidad	1.875,89 €	1.936,40 €	1.996,91 €	2.057,42 €	2.117,94 €	2.178,45 €	2.238,96 €	2.299,47 €	2.359,99 €	2.420,50 €
Inversión inicial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Variación de flujo	2.804,01 €	2.874,16 €	2.944,31 €	3.014,46 €	3.084,61 €	3.154,76 €	3.224,91 €	3.295,06 €	3.365,21 €	3.435,36 €
Flujo acumulado	-6.638,91 €	-3.764,75 €	-820,44 €	2.194,02 €	5.278,63 €	8.433,39 €	11.658,29 €	14.953,35 €	18.318,56 €	21.753,91 €
VAN	-11.117,20 €	-9.101,32 €	-7.096,39 €	-5.103,47 €	-3.123,58 €	-1.157,64 €	793,48 €	2.728,98 €	4.648,11 €	6.550,18 €
TIR	-3,4%	-1,7%	-0,3%	0,8%	1,8%	2,6%	3,3%	3,9%	4,4%	4,8%

Escenario 3 con subvención

	Año 0 2021	Año 1 2022	Año 2 2023	Año 3 2024	Año 4 2025	Año 5 2026	Año 6 2027	Año 7 2028	Año 8 2029	Año 9 2030	Año 10 2031
Incremento precio petróleo	-	10,5%	12,5%	14,6%	16,8%	19,0%	21,3%	23,6%	26,1%	28,6%	31,2%
Gasto de referencia de Gasóleo – C 755,97 €	-	79,34 €	94,68 €	110,50 €	126,81 €	143,61 €	160,93 €	178,78 €	197,17 €	216,14 €	235,68 €
Ahorro en Gasóleo - C	-	835,31 €	850,65 €	866,47 €	882,78 €	899,58 €	916,90 €	934,75 €	953,14 €	972,10 €	991,65 €
Incremento precio electricidad	-	7,0%	14,0%	21,0%	28,0%	35,0%	42,0%	49,0%	56,0%	63,0%	70,0%
Gasto de referencia de electricidad 1.210,25 €	-	84,72 €	169,43 €	254,15 €	338,87 €	423,59 €	508,30 €	593,02 €	677,74 €	762,46 €	847,17 €
Ahorro en electricidad	1.210,25 €	1.294,97 €	1.379,68 €	1.464,40 €	1.549,12 €	1.633,84 €	1.718,55 €	1.803,27 €	1.887,99 €	1.972,71 €	2.057,42 €
Inversión inicial	-33.624,79 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Variación de flujo	-32.414,54 €	2.130,27 €	2.230,34 €	2.330,88 €	2.431,90 €	2.533,42 €	2.635,45 €	2.738,02 €	2.841,13 €	2.944,81 €	3.049,07 €
Flujo acumulado	-32.414,54 €	-30.284,26 €	-28.053,93 €	-25.723,05 €	-23.291,15 €	-20.757,74 €	-18.122,28 €	-15.384,26 €	-12.543,13 €	-9.598,32 €	-6.549,25 €
VAN	-33.624,79 €	-31.556,56 €	-29.454,25 €	-27.321,17 €	-25.160,46 €	-22.975,12 €	-20.767,97 €	-18.541,71 €	-16.298,89 €	-14.041,93 €	-11.773,14 €
TIR	-	-93,4%	-70,3%	-50,4%	-36,2%	-26,1%	-18,9%	-13,5%	-9,4%	-6,2%	-3,7%

	Año 11 2032	Año 12 2033	Año 13 2034	Año 14 2035	Año 15 2036	Año 16 2037	Año 17 2038	Año 18 2039	Año 19 2040	Año 20 2041
Incremento precio petróleo	33,8%	36,6%	39,4%	42,3%	45,3%	48,4%	51,6%	54,9%	58,3%	61,8%
Gasto de referencia de Gasóleo – C 755,97 €	255,82 €	276,58 €	297,97 €	320,02 €	342,75 €	366,18 €	390,32 €	415,20 €	440,85 €	467,28 €
Ahorro en Gasóleo - C	1.011,79 €	1.032,55 €	1.053,94 €	1.075,99 €	1.098,72 €	1.122,15 €	1.146,29 €	1.171,17 €	1.196,82 €	1.223,25 €
Incremento precio electricidad	77,0%	84,0%	91,0%	98,0%	105,0%	112,0%	119,0%	126,0%	133,0%	140,0%
Gasto de referencia de electricidad 1.210,25 €	931,89 €	1.016,61 €	1.101,33 €	1.186,04 €	1.270,76 €	1.355,48 €	1.440,20 €	1.524,91 €	1.609,63 €	1.694,35 €
Ahorro en electricidad	2.142,14 €	2.226,86 €	2.311,58 €	2.396,29 €	2.481,01 €	2.565,73 €	2.650,45 €	2.735,16 €	2.819,88 €	2.904,60 €
Inversión inicial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Variación de flujo	3.153,93 €	3.259,41 €	3.365,52 €	3.472,29 €	3.579,73 €	3.687,88 €	3.796,74 €	3.906,34 €	4.016,70 €	4.127,85 €
Flujo acumulado	-3.395,32 €	-135,91 €	3.229,61 €	6.701,90 €	10.281,64 €	13.969,51 €	17.766,25 €	21.672,58 €	25.689,28 €	29.817,13 €
VAN	-9.494,67 €	-7.208,59 €	-4.916,83 €	-2.621,24 €	-323,55 €	1.974,62 €	4.271,70 €	6.566,26 €	8.856,93 €	11.142,42 €
TIR	-1,7%	-0,1%	1,3%	2,4%	3,3%	4,1%	4,8%	5,4%	5,9%	6,3%

ANEXO VII. Certificados de eficiencia energética

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Vivienda básica		
Dirección	Calle Valencia		
Municipio	San Martín de Valdelomar	Código Postal	39419
Provincia	Cantabria	Comunidad Autónoma	Cantabria
Zona climática	C1	Año construcción	2021
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE 2013		
Referencia/s catastral/es	39094A224000410000JW		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

• Edificio de nueva construcción	○ Edificio Existente
• Vivienda <ul style="list-style-type: none"> • Unifamiliar ○ Bloque <ul style="list-style-type: none"> ○ Bloque completo ○ Vivienda individual 	○ Terciario <ul style="list-style-type: none"> ○ Edificio completo ○ Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Sandra Manteca Estébanez	NIF(NIE)	72185352J
Razón social	Sandra Manteca Estébanez	NIF	72185352J
Domicilio	Barrio El Monte Nº17		
Municipio	Heras	Código Postal	39792
Provincia	Cantabria	Comunidad Autónoma	Cantabria
e-mail:	sme50@alumnos.unican.es	Teléfono	635522612
Titulación habilitante según normativa vigente	Ingeniero en tecnologías industriales col_1994		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 08/09/2020

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.



Registro del Órgano Territorial Competente:

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m²]	200.0
Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m²]	Transmitancia [W/m²·K]	Modo de obtención
Cubierta con aire	Cubierta	155.7125	0.47	Estimadas
Muro de fachada A planta baja	Fachada	31.22	0.66	Estimadas
Muro de fachada C planta baja	Fachada	31.22	0.66	Estimadas
Muro de fachada B planta baja	Fachada	18.62	0.66	Estimadas
Muro de fachada D planta baja	Fachada	18.62	0.66	Estimadas
Suelo con terreno	Suelo	100.0	0.61	Estimadas
Muro de fachada A planta primera	Fachada	33.11	0.66	Estimadas
Muro de fachada C planta primera	Fachada	31.22	0.66	Estimadas
Muro de fachada B planta primera	Fachada	33.7	0.66	Estimadas
Muro de fachada D planta primera	Fachada	33.7	0.66	Estimadas

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m²]	Transmitancia [W/m²·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Puerta	Hueco	1.89	1.60	0.04	Conocido	Conocido
Ventana 1	Hueco	1.89	4.38	0.31	Estimado	Estimado
Ventana 2	Hueco	3.78	4.38	0.44	Estimado	Estimado
Ventana 3	Hueco	3.78	4.38	0.33	Estimado	Estimado
Ventana 4	Hueco	3.78	4.38	0.44	Estimado	Estimado
Ventana 5	Hueco	1.89	4.38	0.31	Estimado	Estimado
Ventana 6	Hueco	3.78	4.38	0.44	Estimado	Estimado

Nombre	Tipo	Superficie [m²]	Transmitancia [W/m²·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Ventana 7	Hueco	3.78	4.38	0.33	Estimado	Estimado
Ventana 8	Hueco	3.78	4.38	0.44	Estimado	Estimado

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	33.7	75.9	Gasóleo-C	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	112.0
---	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	33.7	75.9	Gasóleo-C	Estimado
TOTALES	ACS				

6. ENERGÍAS RENOVABLES

Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Contribuciones energéticas	30.0	-	30.0	-
TOTAL	30.0	-	30.0	-

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	C1	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES					
<div><div>< 8.1A</div><div>8.1-13.1B</div><div>13.1-20.3C</div><div>20.3-31.1D</div><div>31.1-58.3E</div><div>58.3-73.4F</div><div>≥ 73.4G</div></div>	<div>30.5D</div>	CALEFACCIÓN		ACS			
		Emisiones calefacción [kgCO2/m² año]	E	Emisiones ACS [kgCO2/m² año]	A		
		27.36		3.18			
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN			
		Emisiones globales [kgCO2/m² año]		Emisiones refrigeración [kgCO2/m² año]	-	Emisiones iluminación [kgCO2/m² año]	-
				0.00		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	0.00	0.19
Emisiones CO ₂ por otros combustibles	30.54	6108.42

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
<div><div>< 35.8 A</div><div>35.8-58.1 B</div><div>58.1-90.0 C</div><div>90.0-138.4 D</div><div>138.4-254.1 E</div><div>254.1-305.0 F</div><div>≥ 305.0 G</div></div> <div></div>		CALEFACCIÓN		ACS	
<div>115.8 D</div>		<div>Energía primaria calefacción [kWh/m² año]</div>	D	<div>Energía primaria ACS [kWh/m² año]</div>	A
		103.72		12.06	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<div>Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]</div>		<div>Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]</div>	-	<div>Energía primaria iluminación [kWh/m² año]</div>	-
		0.01		-	

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
<div><div>< 19.7 A</div><div>19.7-32.0 B</div><div>32.0-49.5 C</div><div>49.5-76.2 D</div><div>76.2-125.7 E</div><div>125.7-147.0 F</div><div>≥ 147.0 G</div></div>	<div>95.4 E</div>	No calificable	
Demanda de calefacción [kWh/m² año]		Demanda de refrigeración [kWh/m² año]	

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

ANEXO III
RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Apartado no definido

ANEXO IV PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

Fecha de realización de la visita del técnico certificador	08/09/2020
---	------------

COMENTARIOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Vivienda mejorada		
Dirección	Calle Valencia		
Municipio	San Martín de Valdelomar	Código Postal	39419
Provincia	Cantabria	Comunidad Autónoma	Cantabria
Zona climática	C1	Año construcción	2021
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE 2013		
Referencia/s catastral/es	39094A224000410000JW		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

• Edificio de nueva construcción	○ Edificio Existente
• Vivienda <ul style="list-style-type: none"> • Unifamiliar ○ Bloque <ul style="list-style-type: none"> ○ Bloque completo ○ Vivienda individual 	○ Terciario <ul style="list-style-type: none"> ○ Edificio completo ○ Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Sandra Manteca Estébanez	NIF(NIE)	72185352J
Razón social	Sandra Manteca Estébanez	NIF	72185352J
Domicilio	Barrio El Monte Nº17		
Municipio	Heras	Código Postal	39792
Provincia	Cantabria	Comunidad Autónoma	Cantabria
e-mail:	sme50@alumnos.unican.es	Teléfono	635522612
Titulación habilitante según normativa vigente	Ingeniero en tecnologías industriales col_1994		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]	
	< 35.8 A		< 8.1 A
	35.8-58.1 B		8.1-13.1 B
	58.1-90.0 C		13.1-20.3 C
	90.0-138.4 D		20.3-31.1 D
	138.4-254.1 E		31.1-58.3 E
	254.1-305.0 F		58.3-73.4 F
	≥ 305.0 G		≥ 73.4 G

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 08/09/2020

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.



Registro del Órgano Territorial Competente:

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m ²]	200.0
Imagen del edificio 	Plano de situación 

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Cubierta con aire	Cubierta	155.7125	0.41	Estimadas
Muro de fachada C planta baja	Fachada	35.0	0.40	Estimadas
Muro de fachada A planta baja	Fachada	24.01	0.40	Estimadas
Muro de fachada B planta baja	Fachada	20.45	0.40	Estimadas
Muro de fachada D planta baja	Fachada	18.51	0.40	Estimadas
Suelo con terreno	Suelo	100.0	0.52	Estimadas
Muro de fachada C planta primera	Fachada	34.58	0.40	Estimadas
Muro de fachada A planta primera	Fachada	29.16	0.40	Estimadas
Muro de fachada D planta primera	Fachada	35.11	0.40	Estimadas
Muro de fachada B planta primera	Fachada	35.53	0.40	Estimadas

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Puerta	Hueco	2.04	2.20	0.01	Estimado	Estimado
Ventana 5	Hueco	0.42	2.38	0.24	Estimado	Estimado
Ventana 6	Hueco	0.42	2.38	0.15	Estimado	Estimado
Ventana 1	Hueco	1.95	2.38	0.20	Estimado	Estimado
Ventana 2	Hueco	3.89	2.38	0.20	Estimado	Estimado
Ventana 3	Hueco	1.95	2.38	0.14	Estimado	Estimado
Ventana 4	Hueco	7.0	2.38	0.17	Estimado	Estimado

Nombre	Tipo	Superficie [m²]	Transmitancia [W/m²·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Ventana 7	Hueco	1.95	2.38	0.20	Estimado	Estimado
Ventana 8	Hueco	1.95	2.38	0.20	Estimado	Estimado
Ventana 9	Hueco	5.84	2.38	0.14	Estimado	Estimado

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	17	75.6	Biomasa densificada (pelets)	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	112.0
---	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	17	75.6	Biomasa densificada (pelets)	Estimado
TOTALES	ACS				

6. ENERGÍAS RENOVABLES

Eléctrica

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida [kWh/año]
Contribuciones energéticas	13127.395
TOTAL	13127.395

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	C1	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES					
<div><div>< 8.1A</div><div>8.1-13.1B</div><div>13.1-20.3C</div><div>20.3-31.1D</div><div>31.1-58.3E</div><div>58.3-73.4F</div><div>≥ 73.4G</div></div>	<div>0.0A</div>	CALEFACCIÓN		ACS			
		<div>Emisiones calefacción [kgCO2/m² año]</div>	A	<div>Emisiones ACS [kgCO2/m² año]</div>	A		
		2.92		0.26			
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN			
		<div>Emisiones globales [kgCO2/m² año]</div>		<div>Emisiones refrigeración [kgCO2/m² año]</div>	-	<div>Emisiones iluminación [kgCO2/m² año]</div>	-
				0.00		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	0.00	0.00
Emisiones CO ₂ por otros combustibles	3.18	635.96

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
<div><div>< 35.8 A</div><div>35.8-58.1 B</div><div>58.1-90.0 C</div><div>90.0-138.4 D</div><div>138.4-254.1 E</div><div>254.1-305.0 F</div><div>≥ 305.0 G</div></div>	<div>0.0 A</div>	CALEFACCIÓN		ACS	
		<div>Energía primaria calefacción [kWh/m² año]</div>	A	<div>Energía primaria ACS [kWh/m² año]</div>	A
		13.77		1.25	
				REFRIGERACIÓN	
<div>Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]</div>		<div>Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]</div>	-	<div>Energía primaria iluminación [kWh/m² año]</div>	-
		0.00		-	

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
<div><div>< 19.7 A</div><div>19.7-32.0 B</div><div>32.0-49.5 C</div><div>49.5-76.2 D</div><div>76.2-125.7 E</div><div>125.7-147.0 F</div><div>≥ 147.0 G</div></div>	<div>122.5 E</div>	No calificable	
Demanda de calefacción [kWh/m² año]		Demanda de refrigeración [kWh/m² año]	

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

ANEXO III
RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Apartado no definido

ANEXO IV PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

Fecha de realización de la visita del técnico certificador	08/09/2020
---	------------

COMENTARIOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR
